

Manuel pratique du Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV)

Application à Madagascar

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA
TAny sy FAmpandroasana

afd
AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri
Ministère de l'Agriculture

Husson O, Séguy L, Charpentier H, Rakotondramanana, Michellon R, Raharison T *et al.* (2013). Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar. GSDM/CIRAD. Antananarivo.

ISBN :978-2-87614-689-1 EAN : 9782876146891

Conception-Direction :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Hubert Charpentier, Rakotondramanana

Auteurs :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Hubert Charpentier, Rakotondramanana, Roger Michellon, Tahina Raharison, Krishna Naudin, Frank Enjalric, Narcisse Moussa, Célestin Razanamparany, Joachin Rasolomanjaka, Serge Bouzinac, André Chabanne, Stéphane Boulakia, Florent Tivet, Stéphane Chabierski, Hubert Razafintsalama, Christian Rakotoarinivo, Hasina Andrianasolo, François-Xavier Chabaud, Tahina Rakotondralambo, Pierson Rakotondralambo, Ignace Ramaroson

Photos :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Roger Michellon, Narcisse Moussa, Krishna Naudin, Philippe Grandjean, François-Xavier Chabaud, Rakotondramanana

Graphisme : Olivier Husson, Eloïse Grand, IAN Symbols, Ramafa
Mise en page : Olivier Husson
Edition: GSDM/CIRAD, Antananarivo
Copyright : CIRAD/GSDM, Janvier 2013

Téléchargement :
http://agroecologie.cirad.fr/content/keyword/madagascar et
http://gsdm-mg.org/documentations/scv-en-general/

Avertissement

Bien que conçu et appliqué à Madagascar, ce manuel et ses annexes sont de portée beaucoup plus large et peuvent être utilisés à travers le monde.

En particulier les volumes I et II et les annexes présentent des informations, des concepts, des principes et des outils qui peuvent s'appliquer à une très grande diversité de climats et de sols. Les plantes présentées dans le volume III et l'annexe 1 se rencontrent et sont utilisables dans toute la zone intertropicale, et même en zone tempérée pour certaines (Avoine, Vesce).

Ainsi, le premier volume est disponible en Français, Anglais, Espagnol et Portugais (accessible sur http://agroecologie.cirad.fr/content/keyword/madagascar).

Il est en cours d'adaptation au Cameroun.

Les trois premiers volumes et les annexes ont également été traduits en Vietnamien (accessibles sur http://www.adam-project-vietnam.net/librairie_de_reference/les_scv_au_vietnam).



GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

Le Groupement Semis Direct de Madagascar (http://gsdm-mg.org)

Le GSDM est une association de droit malgache qui regroupe différents organismes impliqués dans la recherche, la formation et la diffusion de l'Agriculture de conservation (ou SCV) à Madagascar :

* L'Association Nationale d'Actions Environnementales (ANAE),
* Le Centre d'expérimentation et de diffusion pour la gestion paysanne des Tanety (FAFIALA),
* Le Centre de recherche et de développement rural en agriculture et en élevage (FIFAMANOR),
* Le Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA),
* La compagnie Bas-Rhône-Languedoc Madagascar (BRL Madagascar),
* Semis Direct de Madagascar (SD-MAD),
* Les VERgers d'Anacardes de MAsiloka (VERAMA),
* Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières (AVSF),
* Le Groupe de Recherches et d' Echanges Technologiques (GRET),
* INTER AIDE Manakara,
* CARE INTERNATIONAL Madagascar,
* La Confédération des Agriculteurs Malagasy (FEKRITAMA),
* Le Fonds Mondial pour la Nature (WWF),
* Mr. Ignace Ramaroson.

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

Le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, organisme publique de recherche français, apporte un appui scientifique au GSDM depuis 2001.

TAFA

L'ONG malgache TAFA (TAny sy FAmpandroasana) a développé de 1994 à 2011, avec l'appui du CIRAD, des systèmes de culture en Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) dans des régions contrastées de Madagascar (Hautes-terres, Sud-Ouest, Sud-Est, Moyen-Ouest et Lac Alaotra).

Les projets de recherche et de développement rural conduits depuis 1994 à Madagascar, qui ont permis l'acquisition des connaissances présentées ici, et la réalisation de ce manuel, ont été financés par :

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri
Ministère de l'Agriculture

Avant Propos

Ce manuel tente de synthétiser les connaissances acquises à Madagascar en matière de Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV).

Depuis plus de quinze ans, les différents partenaires du GSDM avec en premier lieu TAFA et le CIRAD, travaillent à la conception, à l'adaptation, à la formation et à la diffusion de ces systèmes dans des milieux contrastés de la Grande Île.

Les systèmes SCV reposent sur les trois principes de l'agriculture de conservation :

1. Réduction, voire suppression, du travail du sol
2. Maintien d'une couverture permanente sur le sol
3. Associations et successions de cultures

Les systèmes de culture en SCV essaient d'optimiser les performances de l'agriculture de conservation. Ils visent à modifier le milieu et à mobiliser des processus écologiques naturels pour assurer les fonctions nécessaires à la production et rendre des services écosystémiques (intensification écologique). Cela se fait principalement par l'introduction de plantes de service multifonctionnelles, en associations et/ou successions des cultures. Ces plantes de service, choisies pour leurs traits fonctionnels, permettent une meilleure utilisation des ressources naturelles disponibles, une maximisation de la production de biomasse et des restitutions importantes de matière organique au sol.

Le volume I de ce manuel présente le modèle conceptuel de fonctionnement des systèmes sol/plantes/microorganismes et les principes de gestion des écosystèmes conduits en SCV.

Le volume II permet de raisonner le choix des systèmes de culture et des itinéraires techniques, en interactions.

Le volume III présente les principales plantes de service/couverture utilisées à Madagascar en SCV.

Le volume IV illustre l'utilisation de ces volumes pour la conception de systèmes dans les milieux de moyenne altitude avec longue saison sèche (lac Alaotra et Moyen-Ouest).

Le volume V présente quelques systèmes SCV très performants à Madagascar.

Enfin, les annexes présentent : (i) la flore de Madagascar ; (ii) les bases de calculs économiques pour l'évaluation des systèmes ; (iii) les unités agronomiques ; (iv) des supports de formation aux SCV pour techniciens et agriculteurs et (v) un catalogue des variétés de riz proposées à Madagascar.



Table des matières

Volume I : Principes et intérêts du semis direct

Vol. I. Chapitre 1 : Principes et fonctionnement du semis direct

Vol. I. Chapitre 2 : La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Volume II : La mise en place de systèmes de culture en SCV

Vol. II. Chapitre 1 : Le choix des cultures, associations et successions

Vol. II. Chapitre 2 : Le choix des itinéraires techniques

Vol. II. Chapitre 3 : Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

Volume III : Les plantes de couverture Fiches techniques

Vol. III. Chapitre 1 : Légumineuses annuelles

Vol. III. Chapitre 2 : Légumineuses pérennes

Vol. III. Chapitre 3 : Graminées annuelles

Vol. III. Chapitre 4 : Graminées pérennes

Volume IV : Les systèmes à proposer en climat de moyenne altitude

Volume V : Exemples de systèmes SCV performants

Vol. V. Chapitre 1 : Le contrôle du Striga par les SCV

Vol. V. Chapitre 2 : Maïs ou sorgho associé à une légumineuse

Vol. V. Chapitre 3 : Les systèmes à base de Stylosanthes

Annexes

Annexe 1 : Flore des jachères et adventices des cultures

Annexe 2 : Bases de calculs économiques pour l'évaluation des systèmes SCV

Annexe 3 : Les unités agronomiques pour la conception de systèmes SCV

Annexe 4 : SCV : Comment ça marche?

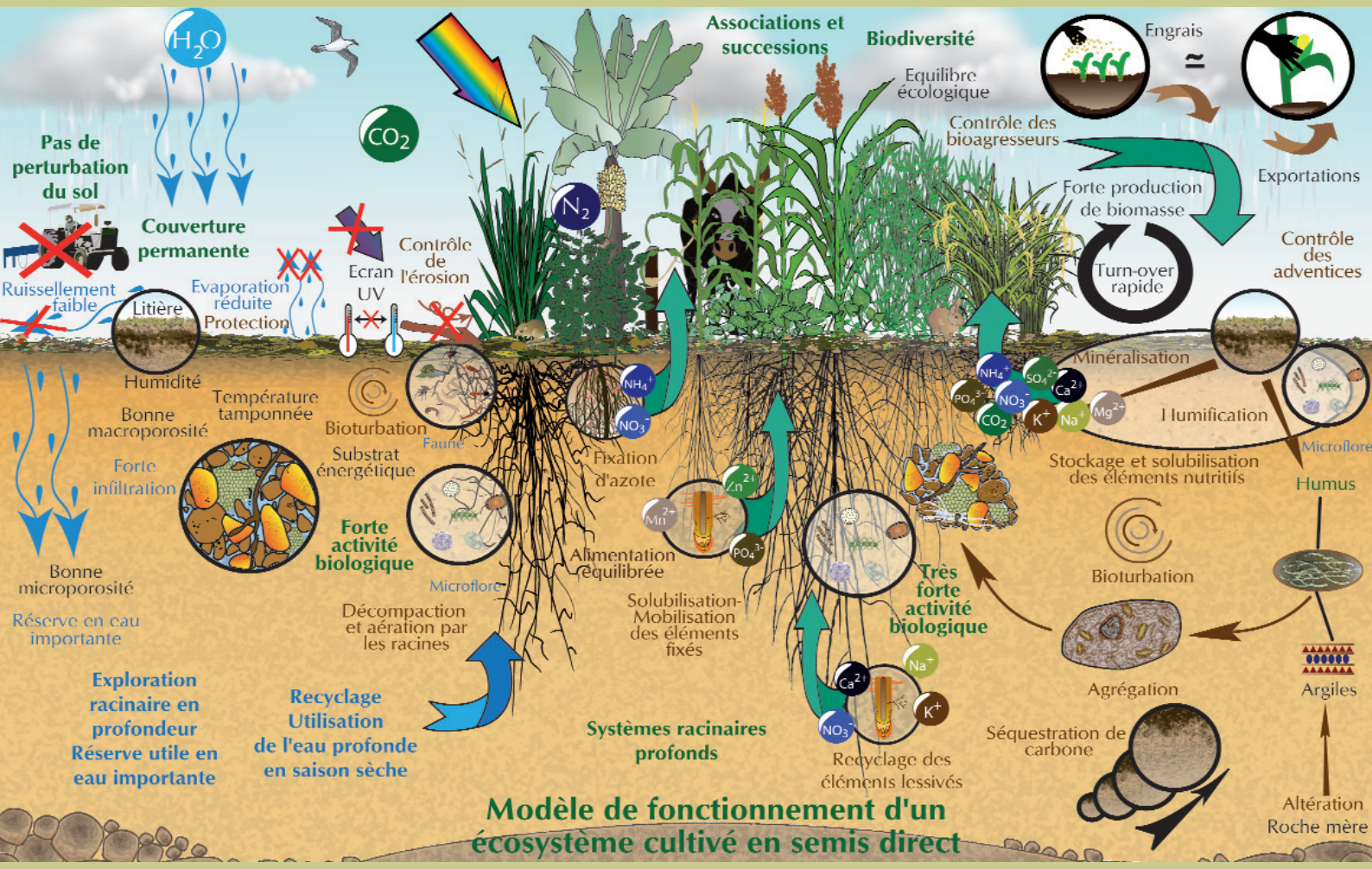
Annexe 5 : Supports de formations avec les agriculteurs

Annexe 6 : Le jeu de l'oie des SCV

Annexe 7 : Catalogue des variétés de riz proposées à Madagascar







Volume I

Principes et intérêts des SCV

Lucien SEGUY, Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Serge BOUZINAC, Roger MICHELLON, André CHABANNE, Stéphane BOULAKIA, Florent TIVET, Krishna NAUDIN, Frank ENJALRIC, Stéphane CHABIERSKI, Pierson RAKOTONDRALAMBO, Ignace RAMAROSON, RAKOTONDRAMANANA





Volume I. Chapitre 1

Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente

Lucien SEGUY, Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Serge BOUZINAC, Roger MICHELLON, André CHABANNE, Stéphane BOULAKIA, Florent TIVET, Krishna NAUDIN, Frank ENJALRIC, Ignace RAMAROSON, RAKOTONDRAMANANA

Octobre 2009

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA TAny sy FAmpandroasana

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

afd Agence Française de Développement

maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Principes et fonctionnement du semis direct

1. Fonctionnement d'un écosystème naturel forestier

Dans un écosystème naturel comme la forêt, le sol n'est jamais perturbé et il est protégé en permanence par un couvert végétal très diversifié, qui crée des conditions favorables pour une forte activité biologique (humidité, aération, température, substrat nutritif, etc.) .

Plantes et organismes du sol très divers vivent en interactions, assurent une forte production de biomasse et remplissent diverses fonctions écosystémiques comme :

- la production de matière organique par photosynthèse, à partir de l'eau et du gaz carbonique ;
- la protection du sol et la réduction du ruissellement par le couvert végétal permanent ;
- le recyclage des éléments nutritifs et de l'eau par les racines profondes ;
- la fixation d'azote atmosphérique par les bactéries associées aux plantes (dans les nodosités des racines de légumineuses ou dans la rhizosphère) ;
- la minéralisation et la solubilisation des éléments nutritifs par les organismes vivants permettant une alimentation régulière des plantes ;
- l'enrichissement du sol en matière organique stable et la séquestration de carbone ;
- l'aération du sol par les systèmes racinaires puissants ;
- la régulation de la température du sol ; et
- l'ensemble des processus de pédogenèse avec :

  - altération de la roche mère en argiles (plus ou moins rapide en fonction du climat et du type de roche), par les systèmes racinaires puissants et leur exsudats racinaires, les champignons, les micro-organismes du sol, etc.

  - fractionnement progressif par la faune des débris végétaux de grosse taille (ce qui les rend accessibles à la microflore), sous l'intervention d'une grande diversité trophique : gros collemboles, diptères, macro-arthropodes, enchytrées, petits collemboles, oribates, etc.

  - humification sous l'action des bactéries, la vitesse et les produits de cette humification variant en fonction de la végétation, du climat et de la microflore ;

  - bioturbation (fonction indispensable à la pédogenèse, mixant ainsi matières minérales et matières organiques, permettant la formation du complexe argilo-humique et les processus d'agrégation du sol) par la faune du sol : vers de terre, fourmis, termites, larves de coléoptères, etc.

  - agrégation et stabilisation des agrégats par la faune (bioturbation, activation de la microflore), les champignons (par les mycélium/hyphes), les colonies de bactéries, les exsudats racinaires, polysaccharides, etc.

Ces diverses fonctions, remplies par les plantes et les organismes vivants du sol, permettent d'assurer une pédogenèse active, et de maintenir un sol qui se renouvelle régulièrement. Le turn-over important de la matière organique et des éléments nutritifs, et l'absence de pertes par lessivage, permettent d'entretenir de manière durable une forte production, même sur des sols à fertilité réduite. Cette production de biomasse permet quant à elle d'entretenir la pédogenèse.

L'écosystème est stable et résilient.

Le sol vivant

La macrofaune et les micro-organismes jouent un rôle fondamental dans la vie d'un sol. Ils sont indispensables à sa formation : altération de la roche mère, décomposition de la matière organique, processus de minéralisation et de formation d'humus, bioturbation, etc.

Ils jouent également un rôle clef dans la formation et la stabilité des agrégats du sol et donc de sa structure.

La microflore (bactéries, mycorhizes, trichodermes, etc.) est aussi fondamentale pour l'alimentation des plantes :

- minéralisation de la matière organique ;
- fixation d'azote atmosphérique ;
- solubilisation des éléments minéraux par oxydation ou chélation, ce qui les rend assimilables par les plantes ;
- extraction d'éléments nutritifs du sol peu mobilisables (modification du pH et du potentiel redox, augmentation de la surface d'interception par les mycorhizes, etc.).

Ils sont si importants pour les plantes qu'elles les stimulent par leurs exsudats racinaires, allant jusqu'à "relacher" par rhizodéposition 20 à 50% du carbone capté par photosynthèse. Certaines plantes carencées en phosphore par exemple peuvent, par leurs sécrétions, favoriser de manière préférentielle le développement de bactéries qui extraient le phosphore fixé dans le sol et le solubilisent.

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

2. Principes de fonctionnement des écosystèmes cultivés

2.1. Principes de l'agriculture conventionnelle



Erosion et carence en phosphore sur maïs en système conventionnel

L'agriculture conventionnelle est basée sur le travail du sol et les intrants chimiques. Le rôle du sol y est réduit à sa plus simple expression, celui de support physique pour les plantes et de réservoir d'éléments nutritifs. La réponse à des contraintes agronomiques diverses se fait essentiellement par l'adaptation des itinéraires techniques qui visent à assurer les différentes fonctions agronomiques fondamentales :

- restructuration du sol par un travail mécanique ;
- contrôle des adventices par travail du sol et emploi d'herbicides ;
- alimentation des plantes en éléments nutritifs par apports d'engrais chimiques et/ou organiques ;
- alimentation en eau par l'irrigation (quand elle est possible) ;
- contrôle des bioagresseurs par utilisation de pesticides.

La création variétale et la sélection de plantes vise à valoriser au mieux les intrants et à s'adapter au mieux à ces conditions du milieu qui se dégradent (résistance aux maladies, etc.).

2.2. Principes des systèmes traditionnels d'abattis-brûlis

Les systèmes agricoles traditionnels basés sur l'abattis-brûlis fonctionnent sur la base d'une alternance entre écosystème forestier et systèmes conventionnels avec travail du sol (mais avec un minimum d'apport d'intrants). La dégradation générale de l'écosystème (activité biologique, structure du sol, pression des adventices, etc.), très rapide durant les périodes de culture, est partiellement compensée par la régénération durant les périodes de jachère.

2.3. Principes des écosystèmes cultivés en SCV

Les principes fondamentaux du semis direct sur couverture végétale permanente

Les principes de conduite des écosystèmes cultivés en SCV visent à reproduire le fonctionnement d'un écosystème naturel forestier et en particulier celui de sa litière :

Trois principes fondamentaux

1. Minimiser la perturbation du sol et de la litière (pas de travail mécanique du sol).
2. Maintenir le sol couvert en permanence.
3. Produire et restituer au sol une forte biomasse par associations/successions d'une diversité de plantes aux fonctions multiples.

• **Minimisation des perturbations du sol et de la litière.** Le sol et la litière doivent être perturbés au minimum. Ils ne sont donc pas travaillés. Le semis est réalisé directement à travers la couverture végétale en perturbant et en découvrant le sol au minimum (3 à 10 % en fonction de la maîtrise et de la nature des outils de semis direct) par ouverture de poquets (semis manuel) ou de lignes (semis mécanisé). La faible perturbation du sol est favorable au développement de l'activité biologique, ralentit la minéralisation et permet de maintenir la couverture végétale.

• **Couverture permanente et totale du sol.** Le sol est maintenu en permanence protégé sous une épaisse couverture végétale qui peut être morte (les résidus de récolte, les adventices et/ou les plantes de couverture sont totalement contrôlés avant la mise en place de la culture) ou maintenue vivante (une couverture végétale pérenne est simplement contrôlée le temps de la culture, sans être tuée, ce qui lui permet de poursuivre sa croissance après la récolte de la culture). Cette couverture végétale protège le sol en permanence contre l'érosion, entretient des conditions favorables au développement d'une activité biologique intense et contribue à réduire la pression des adventices.

• **Production et restitution au sol d'une forte biomasse.** Cette biomasse est renouvelée annuellement (ce qui permet de maintenir la couverture du sol malgré la minéralisation) **par diverses plantes** (cultures et plantes de couverture) **multifonctionnelles**, conduites en **association et/ou en succession** et qui remplissent des fonctions écosystémiques diverses.

Principes et fonctionnement du semis direct

L'écosystème cultivé en SCV est cependant intensifié par rapport à un écosystème naturel, pour permettre la production de cultures et/ou de fourrages qui sont exportés (ce qui implique en retour des apports pour restituer les éléments nutritifs prélevés par le système).

Ces trois principes permettent de construire trois "piliers" :

Les trois "piliers" du semis direct sur couverture végétale

1. Le premier "pilier"des SCV, est donc la couverture végétale permanente du sol (alimentée par une forte production de biomasse, et non perturbée en l'absence de travail du sol). L'épaisse litière, ainsi constituée sur la base des trois principes fondamentaux du semis direct, protège le sol et modifie la dynamique de la matière organique, de l'eau et des éléments nutritifs ;

2. Le deuxième "pilier" des SCV est constitué par la diversité des plantes (associées ou en successions dans les systèmes SCV selon le troisième principe) qui remplissent de multiples fonctions. Elles assurent en particulier la production de biomasse aérienne (alimentation de la litière) et racinaire (exploration d'un important volume de sol, production de biomasse souterraine, restructuration du sol, mobilisation et recyclage des éléments nutritifs, etc.) ;

3. Le troisième "pilier" des SCV est la forte activité biologique du sol (faune et microflore), rendue possible par les deux premiers "piliers" qui alimentent le sol en matière organique et favorisent le développement des organismes, en :

- restructurant et aérant le sol par les systèmes racinaires puissants ;
- maintenant l'humidité (faible ruissellement, forte infiltration et stockage, évaporation limitée) et tamponnant les températures par la couverture végétale ;
- fournissant un substrat énergétique : la matière organique fraîche (au niveau de la litière en décomposition et des racines après la mort des plantes) et les exsudats émis par les jeunes racines (sucres, hormones, enzymes, etc.).

En retour, cette forte activité biologique contribue à améliorer et stabiliser la structure du sol (structuration et stabilisation des agrégats du sol par la macrofaune, les champignons du sol, les colonies de bactéries, etc.). Elle est essentielle dans la genèse des sols et joue un rôle fondamental dans les cycles des éléments nutritifs, aussi bien au niveau de la litière (cycle de la matière organique : minéralisation, humification et séquestration de carbone, accumulation d'azote organique ; solubilisation des éléments nutritifs par oxydation ou chélation) que du complexe absorbant (nature des bases et rétention). Elle renforce le deuxième "pilier" (les plantes mul-

La couverture végétale / litière

La couverture végétale du sol est fondamentale pour le bon fonctionnement des SCV.

Elle doit être maintenue aussi totale que possible, de manière aussi continue que possible.

Elle est composée des résidus de récolte auxquels s'ajoutent la matière sèche, souvent prépondérante en quantité et en biodiversité, provenant des plantes associées à la culture principale ou pratiquées en succession annuelle.

Elle peut être difficile à maintenir dans des conditions climatiques exceptionnelles, qui peuvent limiter fortement la croissance des plantes. Elle peut à l'inverse être très épaisse, composée parfois des résidus de biomasse issus de plusieurs années successives, en fonction de la quantité et de la qualité de la biomasse et des conditions climatiques. C'est le cas sur les hautes terres malgaches où l'on peut retrouver dans la litière des fragments de cannes de maïs cultivé deux, voire trois années plus tôt.

Cet approvisionnement régulier et ce maintien en permanence d'une couverture végétale, sans perturbation du sol, distinguent les SCV de la plupart des techniques parfois regroupées sous le vocable d'agriculture de conservation, dont les TCS (Techniques Culturales Simplifiées).

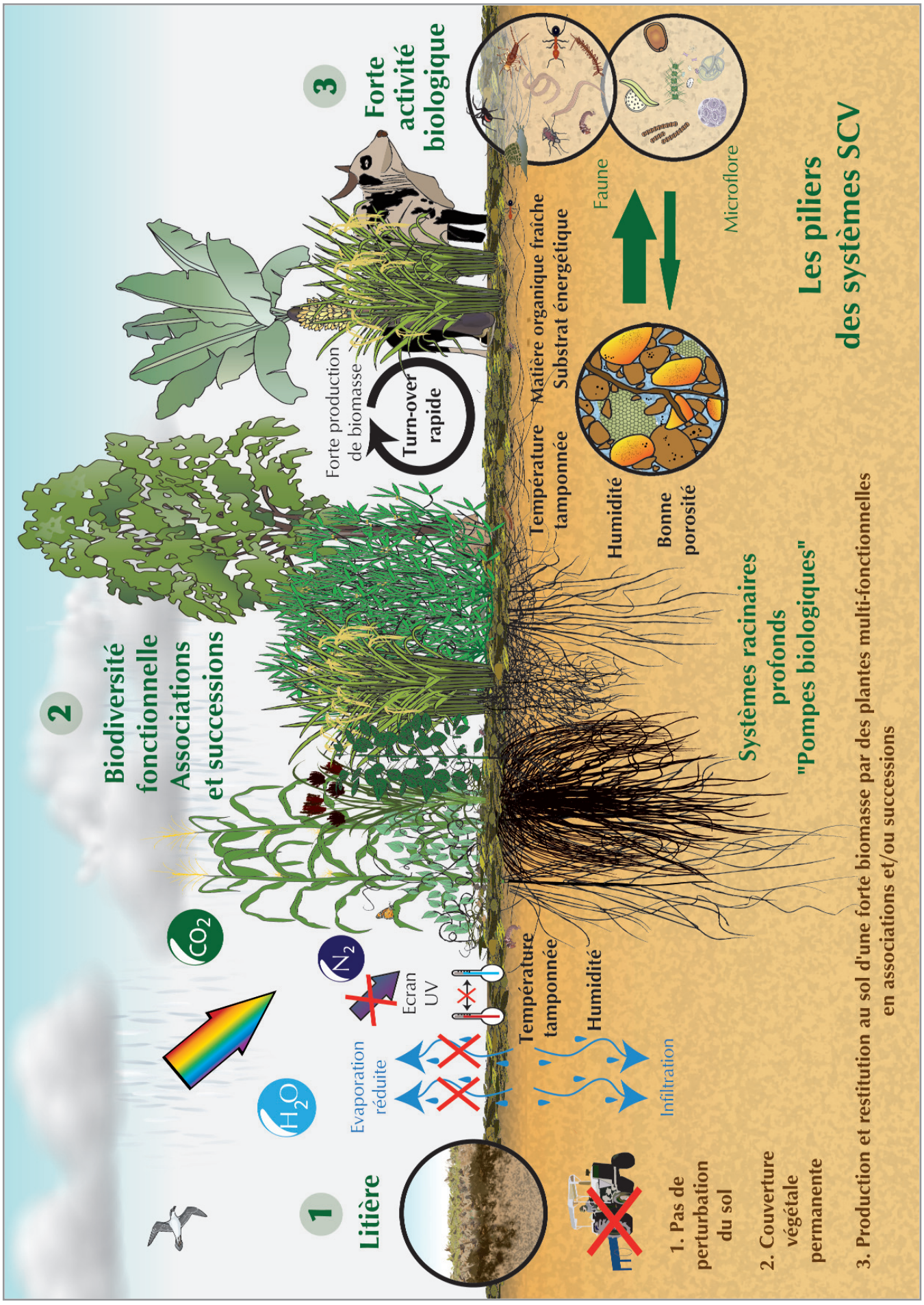
Une diversité de plantes aux fonctions multiples

Les associations et successions de culture jouent un rôle clef dans le fonctionnement des SCV. Les différentes plantes utilisées dans les systèmes permettent d'optimiser la production de biomasse et de remplir un certain nombre de fonctions écosystémiques : structuration et protection du sol, séquestration de carbone, recyclage et stockage des éléments nutritifs, contrôle des adventices et des bioagresseurs, etc.

Elles favorisent également le développement d'une forte activité biologique qui contribue à assurer ces fonctions. Les systèmes sont construits pour remplir au mieux les fonctions prioritaires dans un contexte donné, en choisissant les plantes les plus aptes à lever les contraintes agronomiques les plus limitantes.

L'insertion dans les systèmes de plantes aux systèmes racinaires puissants et profonds permet en particulier d'optimiser les fonctions fondamentales de restructuration des sols et de recyclage des éléments nutritifs et de l'eau (rôle de "pompes biologiques").

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

tifonctionnelles) qui alimente le premier (la litière).

Ces trois "piliers" (couverture végétale/litière + plantes multifonctionnelles/racines + activité biologique associée) se renforcent mutuellement. Ils permettent aux SCV, par leur nature et leur quantité sans cesse renouvelées (biodiversité fonctionnelle), de remplir des fonctions multiples et complémentaires, communes à tous les SCV mais d'intensité variable en fonction des systèmes et de leurs conditions de réalisation (qualité et quantité de la biomasse produite et restituée au sol).

Une activité biologique intense

L'activité biologique intense, permise par la création d'un environnement favorable et la mise à disposition d'un substrat énergétique en abondance (matière organique fraîche et exsudats racinaires), permet d'assurer un certain nombre de fonctions indispensables :

- stabilisation de la structure du sol ;
- processus d'humification et de minéralisation ;
- solubilisation des éléments nutritifs (par oxydation ou chélation) ;
- renforcement des défenses naturelles des plantes, etc.

3. Le fonctionnement des écosystèmes cultivés

3.1. Dynamique de la matière organique

La matière organique du sol

Dans un écosystème à forte production végétale, de qualité diverse, la phytomasse produite permet d'entretenir la litière, dont la décomposition par les organismes vivants contribue largement : i) à la nutrition des plantes (qui permet d'assurer la forte production de biomasse) et, ii) au stockage de carbone dans le sol sous des formes plus ou moins stables, en relation avec l'agrégation des particules. On distingue :

1. Le réservoir "actif" ou "labile", constitué des composés organiques facilement oxydables dérivés de fragments végétaux récents (sucres, amidons, et protéines simples, protéines interstratifiées et polysaccharides, hemicellulose). Il est principalement contrôlé par l'apport de résidus et le climat, et est fortement affecté par le mode de gestion du sol. En milieu tropical, ce réservoir a deux fonctions principales : i) assurer l'alimentation en nutriments et, ii) fournir les composés organiques, agents d'agrégation du sol et de rétention de cations.

Importance de la matière organique

La matière organique du sol joue un rôle fondamental dans :

- la structure du sol et sa stabilité (liant des particules minérales dans le complexe argilo-humique, contributions aux agrégats, etc.) ;
- la rétention de l'eau et sa disponibilité pour les plantes ;
- le stockage et la mise à disposition des éléments nutritifs (forte contribution à la CEC, produits de la minéralisation, etc.) ;
- la régulation du pH du sol (effet tampon) ;
- la stimulation de l'activité biologique (substrat énergétique et supports) ;
- la rétention des micropolluants (améliorant leur dégradation), etc.

2. Le réservoir "lentement oxydable", en relation avec les macro-agrégats, affecté par le mode de gestion du sol.

3 Le réservoir "très lentement oxydable", en relation avec les micro-agrégats, peu affecté par le mode de gestion du sol.

4. Le réservoir "passif" ou "récalcitrant", forme très stable en relation avec le carbone associé aux particules primaires du sol, contrôlé par la minéralogie de la fraction argileuse. Ce réservoir n'est influencé (à l'échelle de la parcelle) par le mode de gestion que dans la mesure où celui-ci engendre un transport par érosion.

Ces différents réservoirs de la matière organique subissent minéralisation et humification, selon différentes voies, en fonction du matériel et des conditions de milieu :

- humification par héritage pour les grosses molécules (polyphénols, lignine), peu attaquées par les micro-organismes ;
- humification par polycondensation des composés phénoliques, issus directement de la décomposition des tissus végétaux ;
- humification par néosynthèse par les micro-organismes du sol, utilisant les (petites) molécules issues de la dégradation des matières organiques fraîches pour former de

Principes et fonctionnement du semis direct

nouveaux composés plus résistants : les polysaccharides (qui jouent un rôle important dans l'agrégation).

La litière étant régulièrement alimentée en matière organique de qualité diverse (et donc à vitesse de minéralisation variée), la minéralisation est ininterrompue et libère en continu des éléments nutritifs solubles, qui permettent une nutrition régulière des plantes.

Les produits issus de l'humification de la matière organique (acides humiques, etc.) vont être étroitement associés par des cations polyvalents (Ca^{2+}, hydroxydes de fer et d'alumine) aux argiles (issues de l'altération de la roche mère) dans le complexe argilo-humique, alimentant le réservoir passif de la matière organique. Cette fraction fine, très stable (durée de vie de 1000 ans) est progressivement agrégée :

- dans les micro-agrégats (< 250 µm), avec des limons, et des particules fines de matière organique issues de la décomposition des végétaux et enrobées d'argiles, solidement liés par les racines des plantes, les hyphes et mycélium des champignons et les polysaccharides produits par les micro-organismes et les champignons stimulés par les exsudats racinaires ;
- dans les macroagrégats, moins stables que les micro-agrégats (et dans lesquels la matière organique est moins protégée physiquement), agrégeant micro-agrégats, fraction intermédiaire de la matière organique (50-200 µm : fragments de feuilles et de racines), colonies de bactéries et grains de sable sous l'effet liant des hyphes/mycélium des champignons du sol, des polysaccharides, et des racines des plantes.

La faune du sol, et en particulier les vers de terre, jouent un rôle fondamental dans ces processus d'agrégation. Ils assurent la bioturbation du sol, et ainsi la mise en contact des fractions minérales (argiles, limons, sables) et organiques du sol. Ils contribuent non seulement à la création des agrégats (action mécanique de mélange) mais aussi à leur stabilisation (alternance sécheresse-humidité, activation des micro-organismes, etc.).

Ce processus d'agrégation (et donc de séquestration de carbone) est continu, et son taux est directement proportionnel à la restitution de la matière organique (racines, tiges, feuilles, pailles) en quantité et qualité.

La dynamique de la matière organique est ainsi fondamentalement différente entre une agriculture avec travail du sol et des systèmes SCV bien gérés.

Dynamique de la matière organique dans les systèmes conventionnels avec travail du sol

Les systèmes conventionnels se distinguent par :

- le travail du sol qui entraîne une minéralisation irrégulière, avec des pics de minéralisation très rapide ;
- une production de biomasse relativement faible (production d'un faible nombre d'espèces, sur une période limitée, alimentation irrégulière et déséquilibrée des plantes, etc.) ;
- des résidus peu variés, à C/N relativement faible, qui se décomposent rapidement et en conséquence produisent peu d'humus ;
- une matière organique peu protégée du fait de la faible agrégation ;
- une érosion souvent forte, engendrée par les pratiques destructurantes du sol et un fort ruissellement qui fait que même les fractions les plus stables de la

Vitesse de décomposition des résidus

La vitesse de minéralisation dépend fortement de la qualité de la matière organique fraîche. Les résidus riches en sucres, amidons et protéines simples (et dans une moindre mesure en protéines interstratifiées et en polysaccharides), à ratio C/N bas, se décomposent beaucoup plus rapidement que ceux riches en hemicellulose et cellulose, au ratio C/N plus élevé. Les plus grosses molécules comme les corps gras et les cires, et surtout les polyphénols et la lignine, avec leurs noyaux aromatiques, se décomposent beaucoup plus lentement.

Elle dépend également de l'activité de la microflore et donc des conditions du milieu (aération, humidité, température), du type de sol et des surfaces "d'attaque" (taille des fragments).

La minéralisation est relativement lente durant les périodes sèches et/ou dans les milieux froids (comme dans les climats tempérés). Elle est en revanche particulièrement rapide en milieu tropical humide et chaud toute l'année.

Le labour (et les TCS) accélèrent les processus de minéralisation en fragmentant les résidus, en destructurant les macro-agrégats (exposant ainsi la matière organique qui était protégée à l'intérieur), en créant (temporairement) un apport brutal d'oxygène et en rendant possible l'élévation de la température du sol. La vitesse de minéralisation n'est alors limitée (éventuellement) que par l'humidité et/ou la température (en milieu tempéré).

Principes et fonctionnement du semis direct

matière organique peuvent être exportées de la parcelle.

En conséquence, les résidus de récolte, même s'ils étaient entièrement maintenus sur la parcelle, sont en général insuffisants pour maintenir le stock de carbone du sol, en particulier en milieu tropical où la minéralisation est très rapide. De plus, cette biomasse est très souvent exportée ou brûlée, ce qui fait que les restitutions de carbone au sol dans les systèmes conventionnels sont très faibles. Elles ne permettent pas d'alimenter les différents réservoirs de matière organique (y compris le réservoir actif de la faune et de la microflore). Il en résulte une discontinuité du processus de transformation du compartiment actif, avec une réduction du flux de C vers le réservoir stable de la matière organique du sol.

Dynamique de la matière organique dans un écosystème cultivé en SCV

A l'inverse des systèmes conventionnels, le semis direct sur couverture végétale permanente se caractérise par :

- la production et la restitution régulière d'une très forte biomasse, de qualité variée, alimentant les différents réservoirs de matière organique du sol et entretenant un flux continu de carbone du réservoir actif vers le réservoir stable ;
- une minéralisation régulière et ralentie du fait de la non perturbation de la litière (pas de fractionnement mécanique des résidus, protection des différentes couches d'apports successifs à la vitesse de décomposition variée et peu exposées aux processus microbiens, pas de flux d'oxygène brutaux, température tamponnée) ;
- une agrégation continue, conduisant à une protection de la matière organique au sein des agrégats : formation de complexe argilo-humique, protection de la fraction stable du carbone (<53µm) fortement liée dans les micro-agrégats (<250µm), protection des micro-agrégats dans les macro-agrégats, etc.

Activité biologique et vitesse de minéralisation

La faiblesse des apports de matière organique fraîche dans les systèmes conventionnels, et l'exposition de cette matière organique à C/N bas, expliquent que malgré une minéralisation rapide dans ces sols, l'activité biologique y est globalement faible : cette activité biologique est concentrée autour des fragments de matière organique, pas ou peu protégés, et relativement peu nombreux.

A l'inverse, dans les sols conduits en SCV, les forts apports de matière organique fraîche (aérienne et racinaire) offrent un substrat abondant à la macrofaune et aux micro-organismes du sol. L'activité biologique (qui ne se limite pas à la minéralisation de la matière organique) y est mieux répartie et globalement beaucoup plus intense, bien que les processus de minéralisation de la matière organique (à C/N élevé et protégée dans les agrégats et/ou la litière) y soient plus lents.

La forte production de biomasse et l'intense activité biologique permettent un fonctionnement dynamique de la matière organique en relation avec les processus d'agrégation. La matière fraîche (réservoir temporaire) subit les processus de minéralisation (alimentation des plantes qui vont elles mêmes alimenter la litière) et d'humification (alimentation du réservoir transitoire et du réservoir stable de la matière organique). Ces réservoirs de matière organique sont plus ou moins protégés dans les agrégats, en relation avec leur taille.

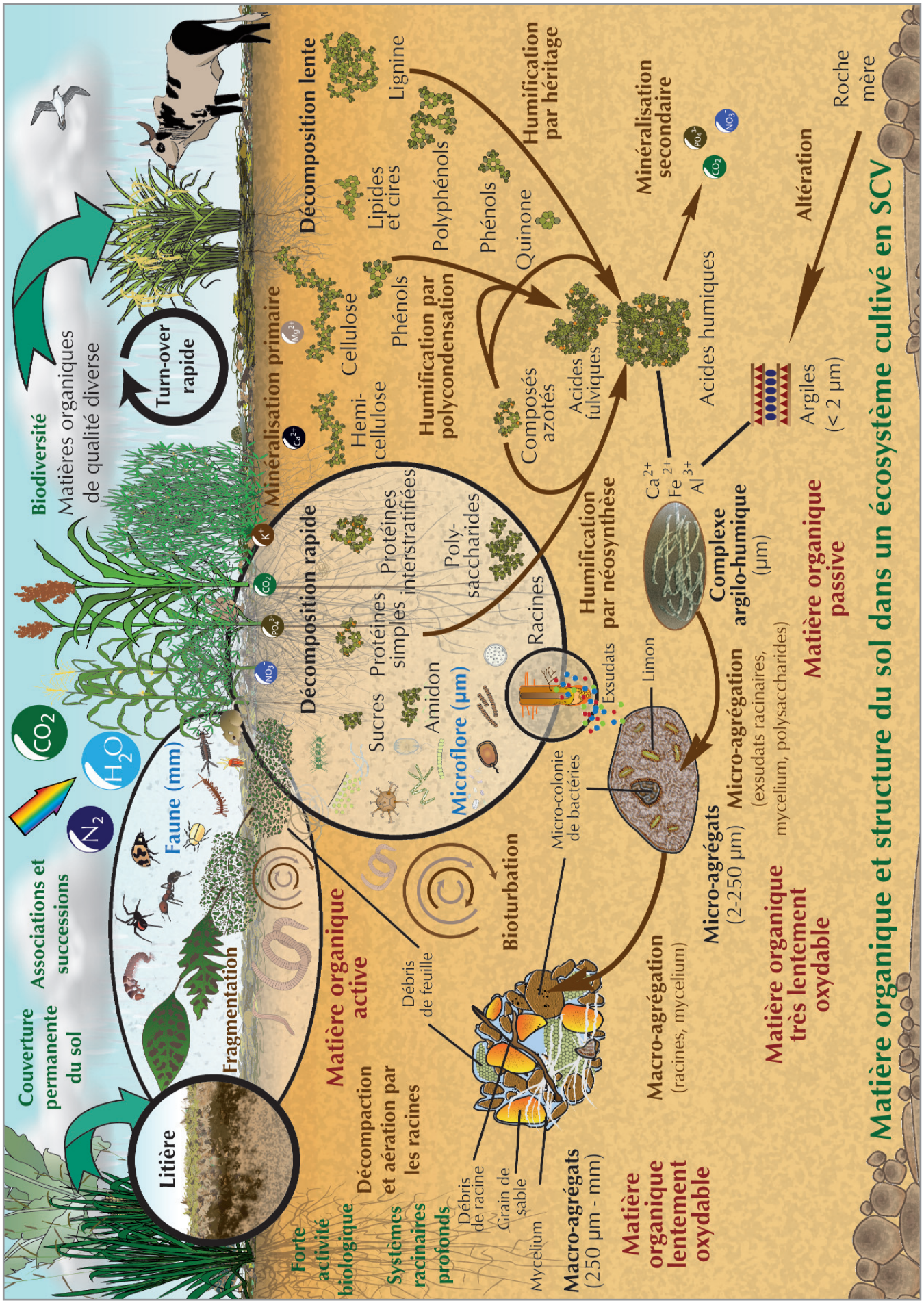
Riz + avoine sur couverture épaisse après maïs + dolique



Ces processus (avec en premier lieu la forte production de biomasse) conduisent à la séquestration du carbone dans le sol et rendent un service écosystémique fondamental à l'échelle de la planète.

Le semis direct fonctionne donc à l'instar d'un écosystème naturel, sur un turn-over important et rapide de la matière organique et des processus d'agrégation efficients. La principale différence qui existe entre des systèmes bien gérés en SCV et un écosystème naturel forestier réside dans la quantité et la qualité de la matière organique. Sous SCV, malgré la diversité des plantes cultivées, la part des ligneux est plus faible qu'en forêt et les résidus produits présentent une quantité élevée de cellulose et moins de lignine. La vitesse de décomposition est plus élevée et le taux d'humification est plus faible. Le flux de carbone est plus rapide que sous une végétation naturelle d'espèces diverses ayant un plus grand

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

nombre de composés organiques constitués de cires, corps gras, lignines et polyphénols. Pour être efficaces, les systèmes SCV doivent assurer une très forte production de matériel riche en cellulose grâce aux associations/successions, afin de maintenir un flux de carbone permettant ainsi la redistribution de composés organiques à différents stades d'humification dans les différents compartiments de la matière organique du sol. De tels systèmes ont un turn-over de la matière organique très élevé et un réservoir de matière organique active particulièrement important (20 à 25% en milieu tropical). Dans les milieux tempérés, les flux (production et minéralisation) sont moins rapides qu'en milieu tropical et la part du réservoir actif y est proportionnellement plus faible.

Turn-over de la matière organique

Dans les systèmes conventionnels, la production limitée et la faible restitution au sol de biomasse à C/N bas, associées à une minéralisation irrégulière avec des pics très forts (après labour), font que la matière organique se renouvelle peu et que les pertes sont importantes (et accrues par l'érosion). Il est très difficile dans ces conditions de maintenir un taux de matière organique propice à la production agricole.

A l'inverse, dans les systèmes menés en SCV, les fortes productions et restitutions de biomasse et la création de conditions conduisant à une minéralisation lente et régulière, permettent un turn-over rapide et important de la matière organique et, en conséquence, l'amélioration ou au moins l'entretien du statut organique du sol.

Cela ne signifie pas pour autant que les systèmes en SCV minéralisent moins de matière organique que les systèmes conventionnels : la quantité minéralisée dépend pour beaucoup du taux de matière organique du sol, qui est plus élevé sous SCV qu'en système conventionnel !

En résumé, les systèmes conventionnels minéralisent rapidement une faible quantité de biomasse et produisent peu d'humus, alors que les systèmes en SCV minéralisent lentement une grande quantité de biomasse et produisent beaucoup plus d'humus.

3.2. Structure du sol

Structure du sol dans les systèmes conventionnels

Les systèmes conventionnels cherchent à assurer une bonne structure du sol par un travail mécanique avant la mise en place des cultures. Si cette pratique est relativement simple à mettre en oeuvre (bien que parfois très exigeante en travail), elle comporte de nombreux inconvénients à moyen terme :

- l'amélioration de la structure reste limitée aux horizons travaillés, et est donc superficielle. La création d'une semelle de labour, fréquente avec ces pratiques, empêche la pénétration de l'eau et des racines en profondeur ;
- son impact très négatif sur l'activité biologique et la matière organique font que la stabilité de cette structure du sol ne peut être assurée. Les processus d'agrégation ne peuvent fonctionner et la structure se dégrade rapidement. L'amélioration de la structure par un travail mécanique n'est donc que très temporaire ;
- le sol nu est exposé à l'érosion (éolienne, aratoire ou par ruissellement), et peut s'indurer en surface (en particulier après un forte pluie sur travail du sol trop "fin", avec rupture des agrégats) ou former une croûte de battance (sur les sols "battants").

Structure du sol dans les écosystèmes cultivés en SCV

En semis direct, comme dans un écosystème naturel, la création et le maintien d'une bonne structure du sol sont assurés par :

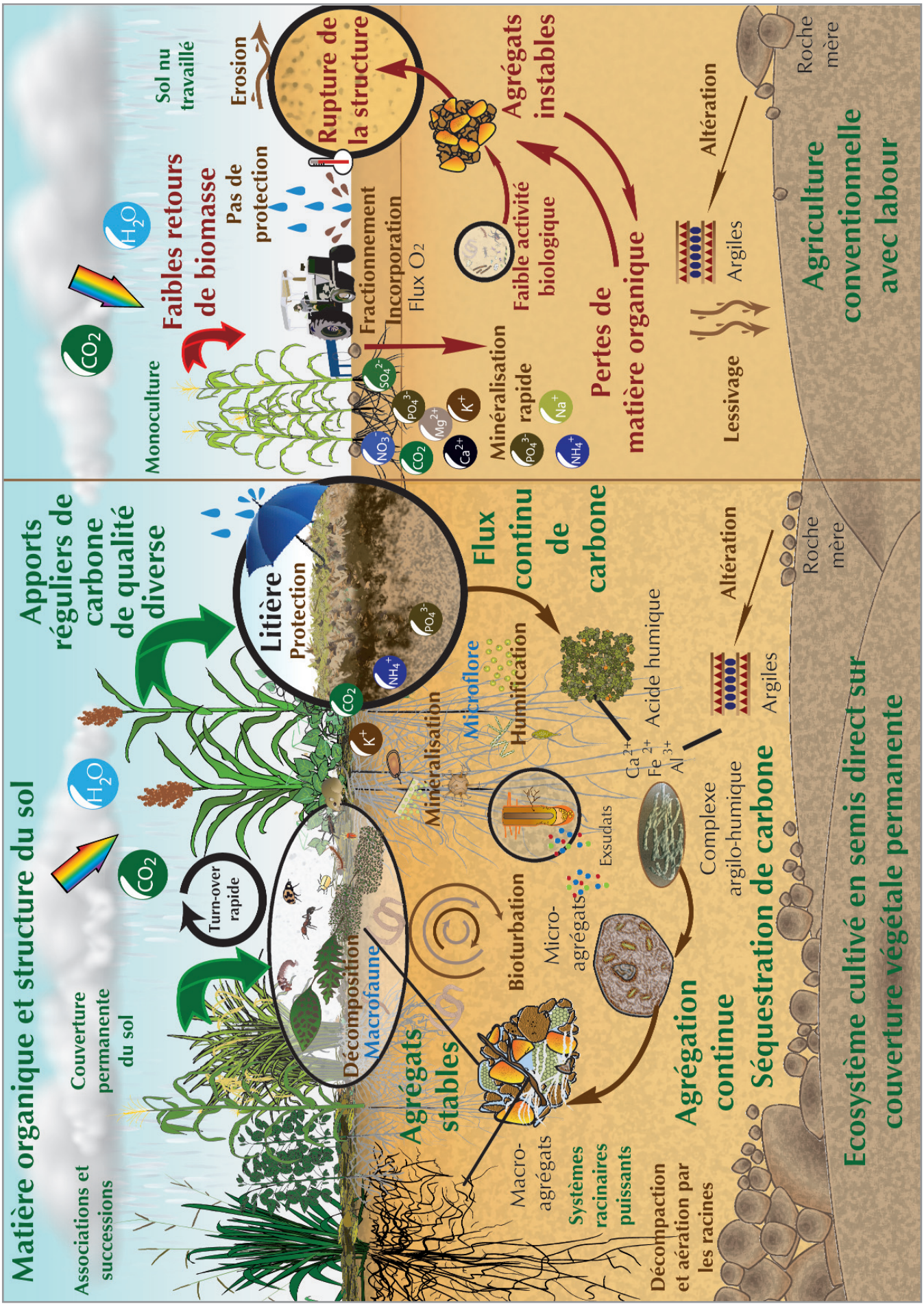
- la couverture végétale permanente du sol qui remplit la fonction de protection du sol contre l'impact des gouttes d'eau (à forte énergie cinétique), contre l'érosion éolienne et/ou hydrique, et contre le rayonnement du soleil (qui assèche le sol, engendre une forte amplitude thermique et dont les UV sont nuisibles aux organismes biologiques) ;
- l'aération du sol et sa restructuration par la macrofaune (vers de terre, termites, fourmis, collemboles, macroarthropodes, etc.) et par les systèmes racinaires puissants des plantes utilisées dans les associations et successions (avec en particulier

Microporosité et macroporosité

La macroporosité du sol, qui permet une bonne infiltration et un drainage rapide de l'eau, résulte avant tout du travail par les grosses racines et de l'activité de la macrofaune.

La microporosité du sol, qui permet le stockage de l'eau, est liée aux processus d'agrégation et à l'activité des petites racines.

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

le travail des racines des plantes cultivées en saison sèche). Les systèmes racinaires très denses en surface jouent également le rôle d'une armature flexible et résiliente, et limitent l'impact de la compaction par le passage d'engins lourds en agriculture mécanisée ;

• l'incorporation de matière organique dans le sol : en surface au niveau de la litière, et en profondeur par les racines. Cette matière organique, de qualité variée (des sucres et protéines simples, facilement décomposables jusqu'à la lignine, grosses molécules lentement décomposées, avec une dominance en semis direct de cellulose) va alimenter les différents réservoirs de la matière organique du sol, plus ou moins stables ;

• la formation et la stabilisation des agrégats grâce à une activité biologique intense (rôle de liant de la microflore et bioturbation par la macrofaune), un système racinaire dense et des apports réguliers de biomasse qui constituent à la fois un substrat énergétique pour ces organismes et la matière première de l'humification.

Le travail mécanique du sol des systèmes conventionnels (avec ses effets négatifs) est ainsi remplacé par un travail biologique dans un sol vivant, qui permet le stockage et la protection de la matière organique du sol dans des agrégats stables.

3.3. Fertilité des écosystèmes cultivés

Fertilité des systèmes conventionnels

Dans les systèmes conventionnels, la baisse progressive de la capacité de stockage des éléments nutritifs dans le sol (en particulier du fait de la baisse du taux de matière organique qui influence fortement la capacité d'échange cationique du sol) fait qu'une partie considérable des éléments nutritifs doit être apportée aux cultures, parfois même sans passer par le sol comme dans le cas des engrais foliaires. Les pertes par ruissellement superficiel et lixiviation sont fortes du fait de la grande solubilité de certains engrais, de la rapide minéralisation de la matière organique et du faible enracinement des plantes, tout comme celles liées à l'érosion (facilitée par le travail du sol) et celles par volatilisation sur un sol nu exposé à des températures élevées. La fertilité du système est peu stable et ses performances reposent largement sur des apports extérieurs (quand ils sont accessibles aux agriculteurs). Elles chutent rapidement après l'arrêt des apports d'engrais, d'autant plus que les autres composantes de la fertilité du système "sol" sont souvent défaillantes (en particulier du fait de la faible activité biologique, du faible taux de matière organique et de l'instabilité de la structure du sol), et que les pertes du système sont importantes.

Fertilité des écosystèmes cultivés en SCV

Dans les écosystèmes cultivés en SCV, les éléments nutritifs sont, comme dans un écosystème forestier, concentrés majoritairement dans la biomasse (phytomasse, litière et microflore du sol) qui approvisionne les horizons superficiels du sol. Les plantes cultivées puisent la majeure partie des éléments nutritifs qui leurs sont nécessaires dans la litière et les premiers centimètres du sol. La fertilité est globale au système sol/plantes et n'est pas limitée au sol. Grâce aux réserves (dans la phytomasse et la matière organique du sol) et aux faibles pertes, la fertilité des systèmes SCV est stable. Le maintien de cette fertilité est assuré par :

• un turn-over rapide de la matière organique, assuré par une forte production de phytomasse et une activité biologique intense qui permettent d'optimiser les processus d'humification et de minéralisation. Grâce à ce turn-over rapide, la production annuelle de biomasse peut être importante, même sur des milieux pauvres ;

• un taux de matière organique élevé (entretenu par la forte production de biomasse) et en conséquence une capacité d'échange cationique (CEC) élevée, un pouvoir tampon et une capacité de rétention des éléments nutritifs importants ;

• la fixation d'azote atmosphérique, par des légumineuses mais



Maïs + éleusine + crotalaire
Photo : L. Séguy

Principes et fonctionnement du semis direct



Forte activité biologique autour des racines de Brachiaria brizantha

aussi par des bactéries libres (type *Azotobacter sp., Azospirulum sp., Arthrobacter sp.,* etc.) et/ou des champignons du type trichodermes et actinomycètes, stimulés par les exsudats racinaires des plantes (comme l' *Eleusine coracana* ou les brachiarias pour *Azotobacter sp.*) ;

• la solubilisation des éléments nutritifs par oxydation ou chélation, sous l'action des bactéries qui se développent dans un environnement favorable (porosité, aération, humidité, substrat énergétique, etc.) et riche en matière organique ;

• l'extraction des éléments fixés ou en très faible quantité dans le sol, par association des plantes avec des mycorhizes et/ou stimulation sélective (par les exsudats racinaires) de populations de champignons et/ou de bactéries libres du sol capables de remplir cette fonction de mobilisation des éléments nutritifs (champignons du genre *Trichoderma* et bactéries des genres *Pseudomonas, Enterobacter, Bacillus, Agrobacterium, Rhizobium, Burkholderia*, etc. pour le phosphore, bactéries du genre *Bacillus* pour le potassium et le manganèse, *Thiobacillus* pour le cuivre, etc.). Cette fonction est spécifique des "pompes biologiques", plantes utilisées en couverture qui ont des aptitudes variées à influencer le milieu (potentiel redox, pH, etc.) et stimuler les différentes populations de la microflore ;

• le maintien d'une structure favorable à l'enracinement des plantes en profondeur ce qui permet l'exploration d'un grand volume de sol ;

• une minimalisation des pertes, que ce soit :

- par érosion, grâce à la protection du sol par la couverture végétale permanente ;

- par lessivage, grâce à la stabilisation des argiles dans le complexe argilo-humique ;

- par lixiviation des sels solubles, grâce au recyclage des éléments nutritifs par des "pompes biologiques", plantes au système racinaire qui se développe en profondeur (en particulier durant la saison sèche pour puiser l'eau) ;

- par volatilisation (CH_4, N_2O, SO_2, etc.), grâce à la couverture végétale (températures tamponnées) et le fonctionnement aérobie de la microflore dans un milieu bien aéré, etc.

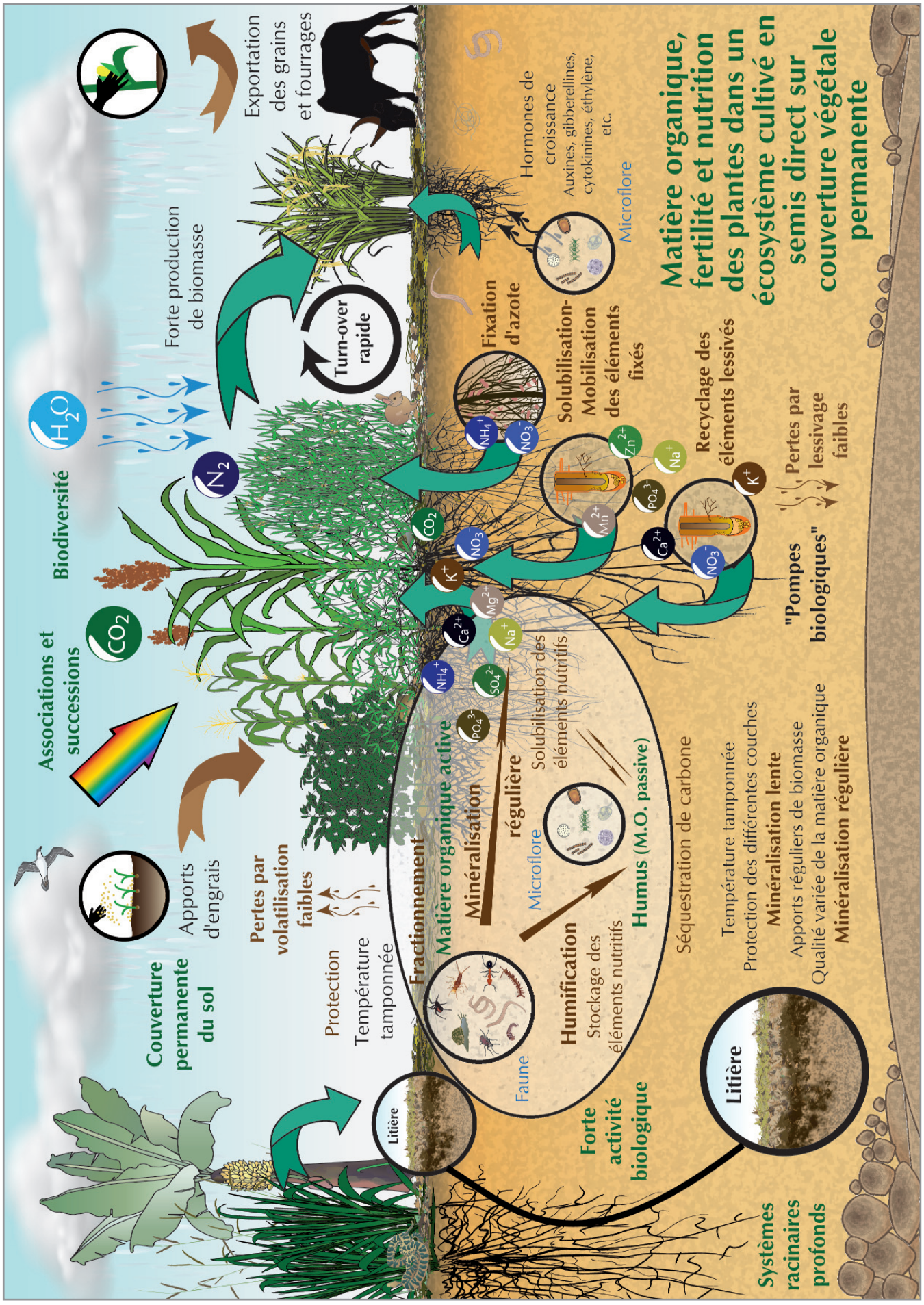
La capacité à limiter ces pertes dépend cependant des systèmes SCV mis en place. Les meilleurs systèmes qui associent une très forte production de biomasse tout au long de l'année (et en particulier lors des pics de minéralisation), l'utilisation de plantes aux systèmes racinaires très profonds (en particulier en saison sèche) et l'apport de fertilisation minérale sur les plantes de couverture (au système racinaire profond) plutôt que sur la culture ont des niveaux de pertes très faibles, voire nuls. Au delà d'une amélioration de la fertilité des sols, certains couverts végétaux (graminées du genre *Brachiaria* et légumineuses des genres *Cassia* et *Stylosanthes* en particulier) permettent de remplir (via leur forte production de biomasse même en condition de forte acidité, qu'ils tolèrent très bien) une fonction de neutralisation de l'acidité (et par là de l'aluminium) même sur les sols ferrallitiques les plus désaturés.

Cependant, à la différence d'un écosystème forestier naturel sans aucune sortie d'éléments nutritifs du système quand il n'est pas exploité, un écosystème cultivé sous SCV subit des pertes d'éléments nutritifs par exportation des productions. La gestion de la fertilité passe donc par un retour au système (sol + phytomasse) des éléments exportés, sous forme organique (fumier, compost) ou minérale (engrais chimiques).

Les "pompes biologiques"

Les "pompes biologiques" sont des espèces insérées dans les systèmes et qui remplissent (entre autres) une fonction fondamentale de recyclage et de mobilisation des éléments nutritifs. Par leur système racinaire puissant et profond, leur association avec des mycorhizes et/ou leur stimulation de populations spécifiques de bactéries, elles sont capables de recycler les éléments nutritifs lixiviés en profondeur, d'extraire les éléments peu disponibles et de les transformer en une importante biomasse qui rejoint la litière du sol et permet, au final, d'alimenter les plantes cultivées. Le mil par exemple est un excellent recycleur de potasse, alors que le stylosanthes est capable de recycler les bases (en particulier le calcium) et les oligo-éléments (B, Cu, Zn, Mn, etc.) et de mobiliser le phosphore.

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

3.4. Alimentation des plantes (en éléments nutritifs)

Alimentation irrégulière et déséquilibrée dans les systèmes conventionnels

La nutrition des plantes

Le carbone (42 à 50%), l'hydrogène (6%) et l'oxygène (42 à 44%), issus de la photosynthèse à partir du gaz carbonique et de l'eau, représentent en moyenne plus de 95% de la matière sèche d'une plante. L'azote représente 1 à 2% de cette matière sèche, et provient directement ou indirectement de l'air, fixé par voie biologique (bactéries) ou chimique (engrais azotés). Mis à part une partie du soufre (0,4% des plantes) qui provient également de l'air (SO_2), tous les éléments minéraux des plantes proviennent du sol. Avec C, O, H, N et S, le potassium (2 à 2,5%), le calcium (1 à 1,5%), le phosphore (0,4%) et le magnésium (0,4%), c'est à dire les macro-éléments majeurs, constituent plus de 99% de la matière sèche des plantes. Les autres macro-éléments (Cl, Na, Si) et les oligo-éléments (B, Cu, Mn, Fe, Mo, Co, etc.) représentent moins de 1% de la matière sèche totale.

Tous ces éléments minéraux (cations ou anions) sont absorbés dans la solution du sol par les racines. Ils sont solubles, et donc assimilables par les plantes, sous leur forme oxydée (cas de N, P, S, Ca, Mg et Se), ou chélatée (pour les autres).

En agriculture conventionnelle, la nutrition des plantes est très dépendante des apports extérieurs d'éléments fertilisants. Des apports au sol sous forme organique (fumier, lisier, compostage) permettent de limiter les pertes de matière organique du système et apportent les éléments nutritifs aux plantes de manière relativement régulière. Ils sont cependant souvent difficiles à gérer (disponibilité, difficultés de transport et d'épandage, etc.). Quand, comme très souvent en agriculture conventionnelle, ces apports se font sous forme essentiellement d'engrais minéraux (plus faciles à manipuler), la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes est très irrégulière. On observe un pic après les applications (ce qui entraîne des pertes par lixiviation et ruissellement) puis des manques par la suite. L'équilibre de cette alimentation des plantes est également dépendant des apports et est difficile à atteindre.

Alimentation régulière et équilibrée dans les écosystèmes cultivés en SCV

La gestion des systèmes en SCV permet d'accroître rapidement la fertilité du sol, et en particulier la quantité d'éléments nutritifs disponibles pour les cultures. Ils permettent d'améliorer leur alimentation de manière générale.

Ces systèmes permettent en particulier une alimentation régulière et équilibrée des plantes grâce à une décomposition et une minéralisation progressives de la biomasse, obtenues par:

- une régularité des apports de phytomasse;
- une diversité de la qualité des apports, avec des vitesses de minéralisation différenciées des plantes utilisées pour constituer les couvertures végétales. Une couverture végétale à base de légumineuses se minéralise rapidement (en particulier leurs feuilles très riches en azote) et restitue au sol les éléments nutritifs qui peuvent être directement utilisés par les cultures suivantes dès le début de leur cycle. A l'inverse, les graminées au ratio C/N et à la teneur en lignine et polyphénols élevés, en particulier celles à grosses tiges (sorgho, maïs, mil) se décomposent lentement et libèrent les éléments nutritifs plus tard, permettant l'alimentation des cultures suivantes plusieurs mois après leur apport à la litière;
- la non perturbation du sol qui permet de maintenir une protection des couches supérieures de la litière, alors que les couches en contact avec le sol sont minéralisées.

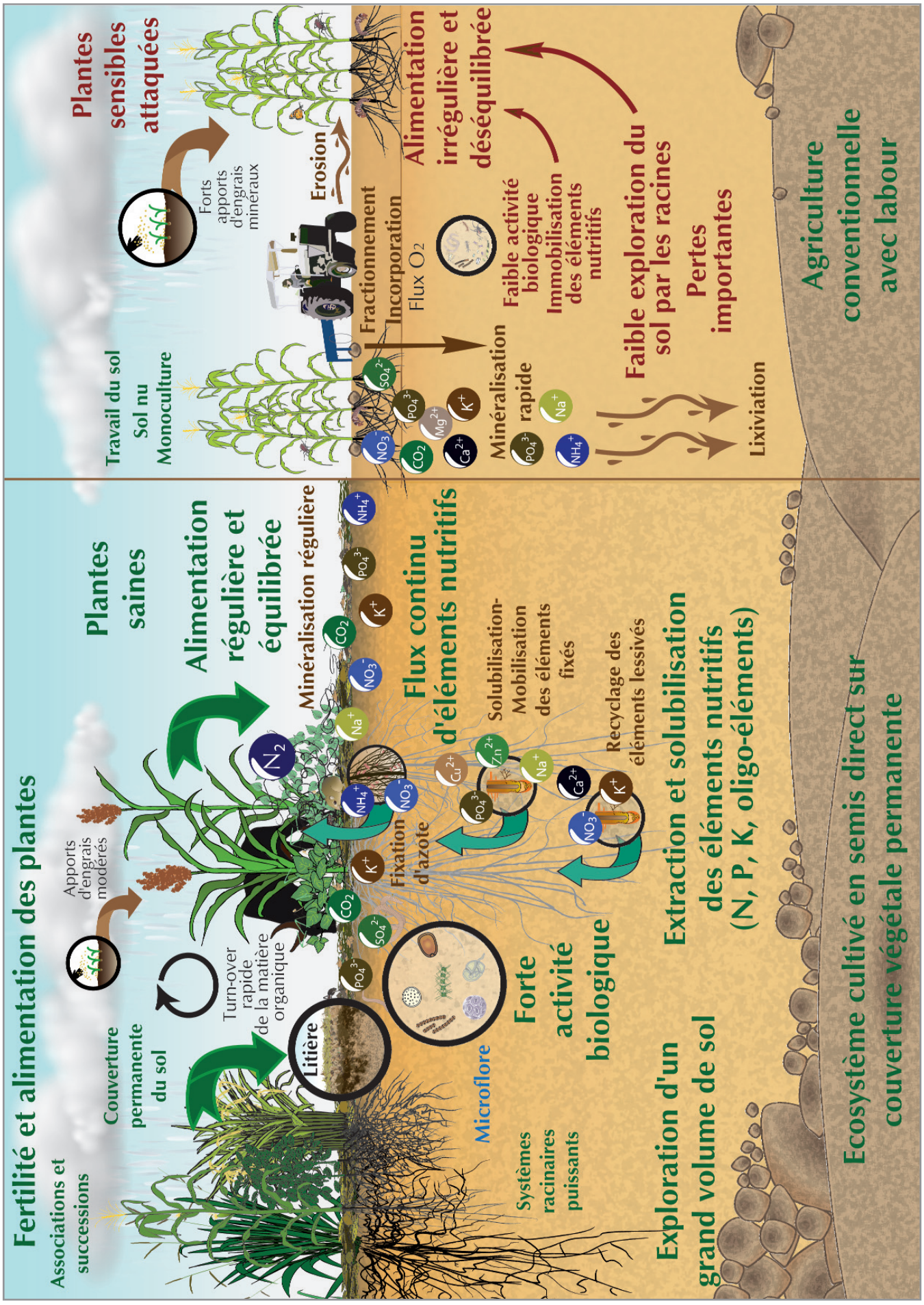
Au delà de son rôle fondamental dans les processus de minéralisation de la matière organique, qui permet une alimentation régulière des plantes, la microflore (et en particulier les bactéries, les mycorhizes et les trichodermes) augmente la quantité d'éléments nutritifs accessibles aux plantes (très forte augmentation de la surface d'échanges comme dans les associations symbiotiques avec les mycorhizes, solubilisation par les bactéries, etc.).

3.5. Bilan hydrique (et alimentation des plantes en eau)

Faible efficacité de l'utilisation de l'eau par les systèmes conventionnels

Les pratiques conventionnelles, avec labour et sol nu, engendrent un ruissellement important, une faible infiltration de l'eau (due à la perte rapide de la macroporosité reconstituée par le labour) et une forte évaporation (liée à la forte température du sol en surface). La faible microporosité n'est pas propice à un bon stockage de l'eau dans le sol, ce qui fait que la réserve en eau est faible. De plus, la création fréquente d'une semelle de labour sous travail répété

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

du sol constitue un frein à l'enracinement en profondeur des plantes. Le volume de sol exploré par les racines est faible et en conséquence la réserve utile en eau est très faible.

Dans de telles conditions, l'alimentation hydrique des plantes dépend très fortement de la régularité des apports en eau. En culture pluviale sans accès à l'irrigation, la croissance des plantes est rapidement limitée après quelques jours sans pluies, en particulier durant les stades sensibles des cultures comme la floraison.

Optimisation de l'utilisation de l'eau par les systèmes SCV

Dans les systèmes SCV, la couverture végétale permet de réduire fortement le ruissellement et laisse plus de temps à l'eau pour s'infiltrer. De plus, l'infiltration est rapide du fait de la bonne macroporosité créée et entretenue par la pratique du semis direct. Cette infiltration rapide permet d'éviter l'engorgement en cas de précipitations abondantes (effet "chasse d'eau").

La microporosité également créée et entretenue par les pratiques SCV offre au sol une forte capacité de stockage (ce qui limite le lessivage malgré la forte infiltration). Une forte infiltration et une capacité de stockage élevée conduisent à la constitution d'une réserve en eau importante. Cette réserve en eau est facilement accessible pour les plantes qui développent en SCV des systèmes racinaires profonds dans un sol bien structuré. La réserve utile en eau est en conséquence très importante.



Forte production sur sol sableux en milieu semi-aride

Outre la réduction des pertes par ruissellement, le semis direct permet de réduire les pertes en eau par :

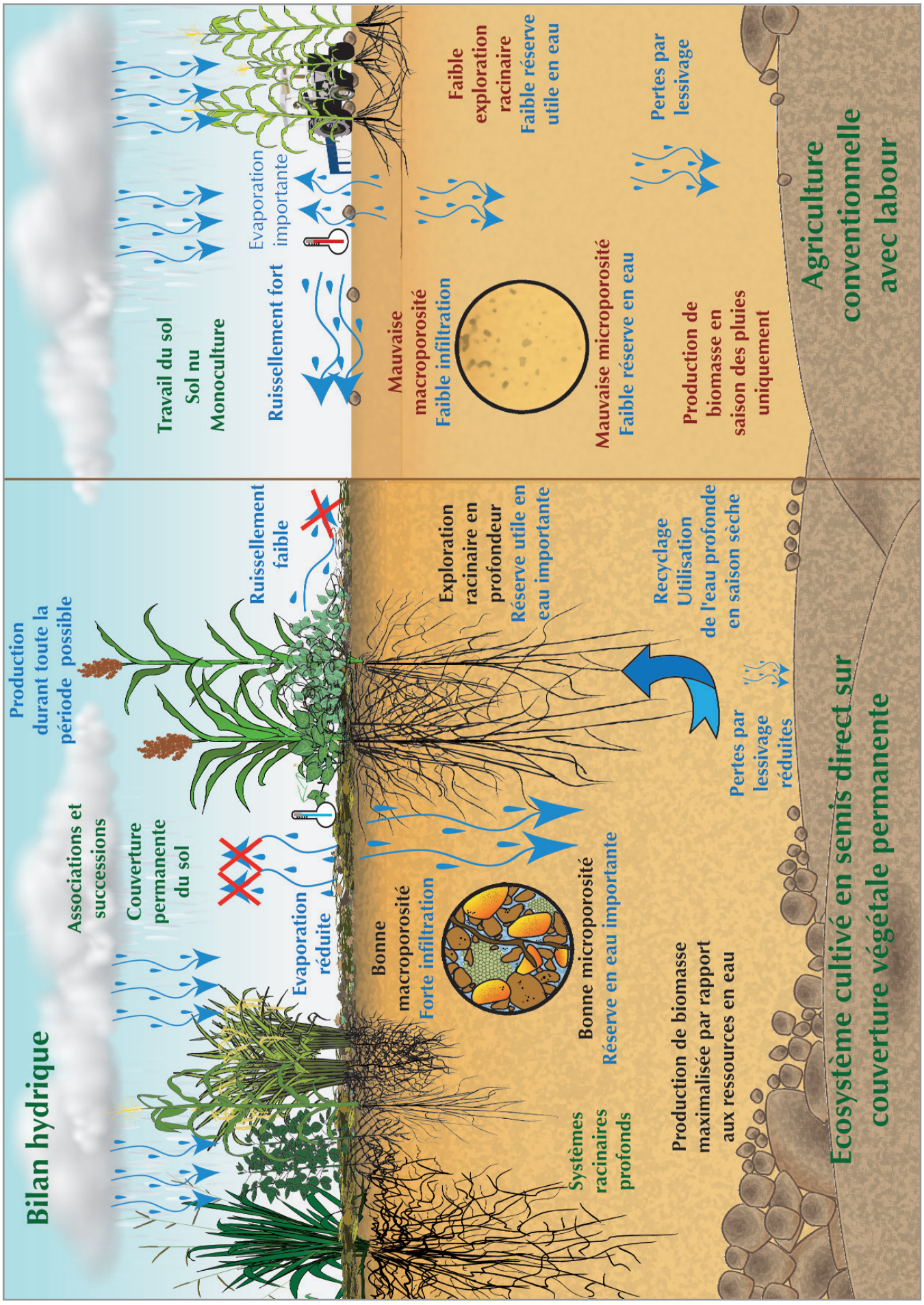
- réduction de l'évaporation, par la couverture végétale ;
- réduction des pertes par lessivage, du fait de l'utilisation de l'eau profonde par les systèmes racinaires profonds, en particulier durant les périodes sèches (remontées capillaires) ;

Les aléas climatiques sont ainsi tamponnés : pertes réduites, réserves importantes utilisées en cas de période de sécheresse et infiltration rapide durant les périodes fortement arrosées. De plus, le semis direct permet de semer les cultures dès les premières pluies utiles et ainsi de caler le cycle des cultures sur la période climatique la plus favorable (ce qui est particulièrement intéressant dans les climats à longue saison sèche). Enfin, la condensation de la rosée est beaucoup plus importante sur une couverture végétale (surfaces d'interception plus importantes) que sur un sol nu. Ces "précipitations occultes" peuvent contribuer largement à l'alimentation en eau des plantes dans des milieux à faible pluviométrie mais forte humidité de l'air (bords de mer par exemple).

En conséquence, les plantes ont une alimentation en eau plus régulière, sans excès important ou sécheresse prolongée, et la période permettant une bonne alimentation hydrique des plantes est étendue. Des cultures deviennent possibles en semis direct dans des zone agro-écologiques où elles ne pourraient pas se développer avec des techniques conventionnelles.

Au delà d'une meilleure alimentation hydrique des cultures, une bonne gestion des systèmes SCV doit permettre d'optimiser la production de biomasse (indispensable au bon fonctionnement des SCV) par rapport à la quantité d'eau disponible au niveau d'une parcelle (qu'elle soit issue des précipitations ou de l'irrigation). L'eau stockée dans un sol bien structuré est donc utilisée autant que possible par des plantes pour produire en périodes "marginales" (pluies aléatoires, difficilement utilisables par les cultures) comme en saison sèche (grâce à leur système racinaire profond et l'utilisation des remontées capillaires) une forte biomasse qui alimente la litière et améliore le fonctionnement du sol et des systèmes conduits en SCV. Cette production de biomasse en saison sèche permet d'augmenter fortement la production totale et est d'autant plus intéressante qu'elle se fait à une période de faible minéralisation, avec un différentiel "production – pertes" très positif, et qu'elle permet une très bonne couverture du sol pour la culture suivante, bien qu'elle se fasse juste après une longue saison sèche.

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

3.6 Santé des plantes

Santé des plantes en agriculture conventionnelle

La quasi totalité des pratiques en agriculture conventionnelle, avec une vision à court terme, conduisent rapidement à un affaiblissement des plantes et à l'augmentation de leur sensibilité aux attaques d'insectes et de maladies.

La faible activité biologique, liée en particulier à la perturbation du sol, à la baisse du taux de matière organique et à l'utilisation de pesticides, et la faible restitution au sol de matière organique conduisent à :

- une alimentation irrégulière et déséquilibrée des plantes (avec en particulier des carences en oligo-éléments) ;
- des défenses naturelles amoindries (pas de production d'antibiotiques naturels et d'éliciteurs par la microflore).

Ces déséquilibres nutritionnels (aggravés lors des apports d'engrais minéraux, en particulier l'azote), mais aussi l'utilisation d'herbicides pour contrôler les adventices (d'autant plus nécessaire que les cultures se développent lentement), conduisent à un mauvais fonctionnement physiologique des plantes. Les processus de formation des protéines en particulier sont perturbés, ce qui conduit à l'accumulation d'acides aminés libres, de sucres réducteurs et d'azote minéral dans les tissus. Ces éléments sont le substrat privilégié pour divers bioagresseurs qui trouvent alors dans ces plantes déjà affaiblies des conditions très favorables à leur développement. Le déséquilibre nutritionnel des plantes favorise en conséquence la pullulation d'insectes et les épidémies. Dans ces conditions de fortes attaques des plantes, le recours à l'utilisation de pesticides pour essayer de réduire le nombre d'agresseurs est la "réponse" technique la plus simple (bien que coûteuse et possiblement polluante) en agriculture conventionnelle.

La théorie de la trophobiose

Dans sa théorie de la trophobiose, Chaboussou (1985) explique que la sensibilité des plantes aux insectes et maladies (champignons, bactéries et virus) est avant tout le fait d'un déséquilibre nutritionnel. Un mauvais fonctionnement de la synthèse des protéines conduit à l'accumulation, dans les tissus des plantes, d'acides aminés libres (en particulier asparagine), de sucres réducteurs et d'azote minéral. Ces éléments solubles sont la base de l'alimentation des insectes, champignons, bactéries et virus qui, quand ils les ont à leur disposition, se développent mieux et plus rapidement. A forte concentration, ces éléments solubles rendent les plantes sensibles aux attaques, alors que les bioagresseurs se développent peu sur des plantes qui ne contiennent que très peu de ces éléments fondamentaux pour leur alimentation.

Un tel déséquilibre physiologique de la plante, avec dominance de la protéolyse sur la protéosynthèse est fonction de son stade physiologique mais est surtout lié à :

- l'agression de la plante par des pesticides : insecticides, fongicides et surtout herbicides qui perturbent la protéosynthèse des plantes (leur sélectivité n'étant jamais absolue) ;
- une fertilisation minérale déséquilibrée, en particulier lors des apports d'azote et en cas de manque de potasse ;
- des carences en oligo-éléments (Mn, Cl, B qui sont des activateurs d'enzymes et Cu, Fe, Zn et Mo qui sont des composantes des enzymes) ;
- des stress hydriques (inondation, sécheresse).

Ces "solutions" chimiques ont une certaine efficacité à court terme (ce qui a permis leur développement rapide malgré leur coût important), mais présentent de très nombreux inconvénients à moyen terme, dont :

- les risques de pollution ;
- la rupture des équilibres écologiques au sein du système, par la destruction des prédateurs des insectes nuisibles ;
- la destruction de la vie du sol, conduisant à une moindre disponibilité des éléments nutritifs et, en conséquence, entraînant des déséquilibres nutritionnels et privant les plantes de la protection par la microflore (trichodermes, etc.) ;
- la perturbation de la protéosynthèse des plantes par les pesticides.

En conséquence, la sensibilité des plantes est accrue et le développement des bioagresseurs est favorisé. A moyen terme, la "solution" chimique ne fait donc qu'accroître les problèmes, ce qui explique les difficultés de l'agriculture conventionnelle à obtenir des cultures saines.

Principes et fonctionnement du semis direct

Santé des plantes en semis direct sur couverture végétale permanente

La santé des plantes cultivées dans des systèmes SCV est assurée de manière intégrée par :

- une alimentation (en eau et éléments nutritifs) équilibrée et régulière. La forte réserve utile en eau, le stockage des éléments nutritifs sous forme organique, la minéralisation régulière, la mobilisation d'éléments fixés dans le sol, la solubilisation de ces éléments nutritifs (action des micro-organismes, pH et potentiel redox du sol favorables) font que les plantes ont à leur disposition l'eau et les éléments nutritifs, y compris les oligo-éléments, qu'elles peuvent puiser facilement dans le sol tout au long de leur cycle. Des plantes bien nourries (alimentation régulière et équilibrée, en quantité suffisante) ont un bon fonctionnement physiologique, sont très saines et peu attaquées par les bioagresseurs. Le riz par exemple est remarquablement sain après stylosanthes et il est très peu touché par la pyriculariose après une association eleusine + crotalaire ;
- la production par les micro-organismes (bactéries et champignons du sol) de toute une série de substances : antibiotiques (production de *Pseudomonas sp.* contre *Fusarium sp.*, pourriture des racines, etc.), hormones de croissance, éliciteurs (qui renforcent les défenses immunitaires naturelles contre *Xanthomonas campestris, Pseudomonas syringae, Colletotrichum lindemuthianum*, etc.). L'incidence des maladies fongiques comme la fusariose, les pourritures des racines (*Rhizoctonia sp.*) les fontes de semis (*Pythium sp.*) est fortement réduite dans des sols avec amendements organiques dans lesquels se développe une forte activité microbienne, comme en semis direct sur couverture végétale permanente ;
- la colonisation par les microbes (bactéries et champignons) et les nématodes qui détruisent les propagules des pathogènes (spores de *Cochliobolus sp.* par exemple) ;
- la création de conditions peu favorables au développement de bactéries pathogènes (milieu bien aéré en particulier) et la suppression de la transmission des bactéries pathogènes du sol aux feuilles par effet "splash" (effet des gouttes d'eau qui frappent le sol et projettent des fragments de sol contaminé sous les feuilles) ;
- la protection des plantes contre les nématodes phytoparasites par les mycorhizes ;
- l'utilisation de mélanges d'espèces (cultures associées) et/ou de variétés : les variétés/espèces résistantes sont moins touchées et permettent de limiter la transmission des maladies aux variétés moins résistantes (mais employées pour leur fort potentiel de production) ;
- l'utilisation raisonnée des herbicides (et autant que possible la non utilisation de ces produits), de manière à perturber le moins possible la physiologie des plantes (application avant les cultures, sur une couverture végétale épaisse, à faible dose, etc.).

Les traitements fongicides sont réduits autant que possible du fait de leur effet très néfaste sur la microflore du sol (qui à l'inverse a un effet très positif sur l'alimentation et la santé des plantes). Ils se limitent au traitement de semences (en particulier pour les légumineuses) quand nécessaire. Un traitement en végétation se réalise à faible dose, uniquement quand il est absolument indispensable, ce qui peut être le cas les premières années, avant que l'ensemble des effets bénéfiques des SCV se fasse sentir.

L'utilisation de produits biologiques pour renforcer les défenses naturelles des plantes (éliciteurs) est également possible.

Outre l'alimentation équilibrée des cultures qui réduit fortement la sensibilité des plantes, le contrôle des bioagresseurs, en particulier des insectes ravageurs se fait selon les principes de lutte intégrée par :

- reconstitution d'un équilibre écologique avec les prédateurs naturels des insectes nuisibles ;



Libellule mangeant un cercopide

Principes et fonctionnement du semis direct



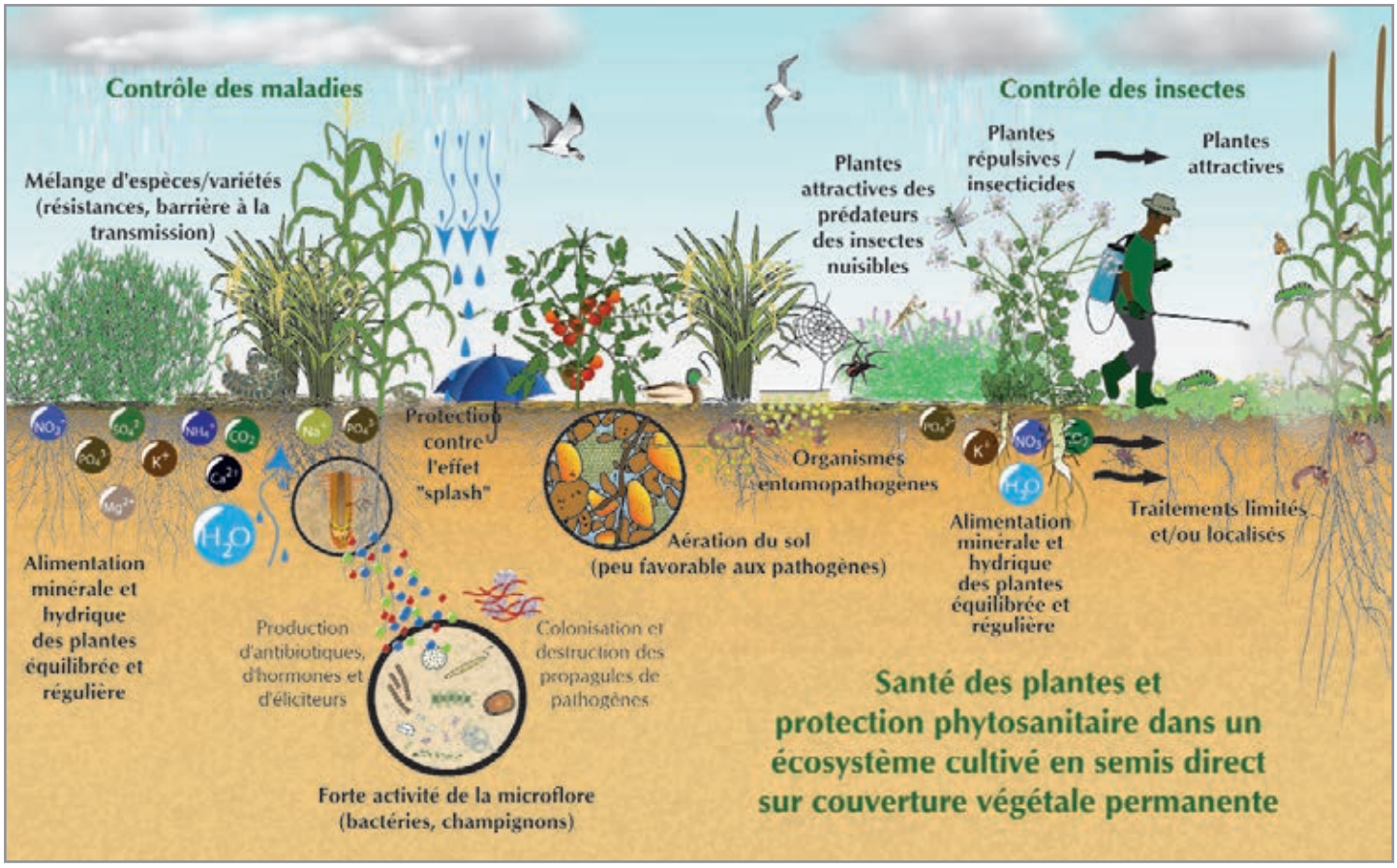
Chenille attaquée par un champignon entomopathogène

• l'inoculation avec des organismes entomopathogènes (champignons comme *Metharizium spp.* ou *Beauveria spp.*; bactéries comme *Bacillius thuringiensis* ; nématodes comme *Steinemematidae sp.*), qui sont placés dans des conditions très favorables à leur développement; et/ou

• l'utilisation de plantes produisant des substances insecticides ou répulsives. La vesce velue et le radis fourrager, par exemple, sont utilisés à Madagascar pour réduire la pression des *Heteronychus sp.* et le genre *Desmodium* est connu pour repousser les borers. A l'inverse, des plantes attractives de certains insectes (comme l'*Arachis pintoï* qui attire les punaises, le mil pour les criquets ou le genre *Pennisetum* pour les borers) sont utilisées pour "détourner" les prédateurs des cultures (approche "*Push-Pull*"). Un insecticide est appliqué localement sur ces plantes attractives quand la pression des insectes y est forte.

Ces principes de lutte intégrée, qui ne sont pas propres aux systèmes SCV, trouvent par contre dans ces systèmes des conditions qui facilitent leur application (plants mieux alimentés et donc moins sensibles, reconstruction des équilibres écologiques favorisée par la faible perturbation, biodiversité, etc.) ou en accroissent les effets bénéfiques (conditions très favorables au développement des organismes inoculés, etc.). A l'inverse, les systèmes conventionnels en compliquent la mise en œuvre et en limitent l'efficacité.

Si la pression des bioagresseurs est très forte (en particulier les premières années le temps que l'amélioration des sols permette une alimentation équilibrée des plantes et qu'un équilibre écologique se soit restauré), l'utilisation de pesticides peut être nécessaire pour conduire certaines cultures. Il est cependant préférable pendant ces premières années d'éviter de cultiver des plantes particulièrement sensibles aux bioagresseurs présents, ce qui permet de limiter l'emploi de pesticides. Cela favorise le retour rapide d'un équilibre écologique et évite de déséquilibrer les processus de protéosynthèse et d'accroître la sensibilité des plantes.



Principes et fonctionnement du semis direct

3.7. Contrôle des adventices

Contrôle des adventices en agriculture conventionnelle

Le contrôle des adventices en agriculture conventionnelle repose sur le travail du sol et l'utilisation d'herbicides sélectifs des cultures (quand ils sont accessibles). Cette approche permet un bon contrôle des principales adventices tant que celles-ci n'ont pas développé de résistance aux herbicides employés. L'agriculture conventionnelle "s'adapte" à ces résistances par la mise au point, par l'industrie chimique, de matières actives de plus en plus performantes, mais aussi de plus en plus coûteuses et souvent polluantes.

En l'absence de ces herbicides (souvent inaccessibles, ou à des coûts prohibitifs en petite agriculture familiale dans les pays du Sud), le sarclage manuel des parcelles est souvent la seule pratique abordable. Il engendre cependant des temps de travaux considérables. Le contrôle des adventices est difficile à réaliser à temps, ce qui fait que l'enherbement est très souvent un des premiers facteurs limitant la production dans ces conditions.

Contrôle des adventices en SCV

En SCV, la fonction de contrôle des adventices est assurée en priorité par l'insertion dans les systèmes de culture de plantes (cultures ou plantes de couverture) capables de dominer naturellement la plupart des adventices, qui produisent une forte biomasse (alimentant ainsi la couverture végétale) et qui sont facilement maîtrisables. Cette domination des adventices se fait par compétition pour la lumière (ombrage), compétition pour les éléments nutritifs et/ou effets allélopathiques (production de substances interférant avec la germination et/ou la croissance des plantes, véritables herbicides naturels). Ces substances sont libérées par les plantes vivantes (exsudats racinaires en particulier) ou lors de leur décomposition. Des plantes comme l'avoine ou le sarrasin sont particulièrement efficaces pour "nettoyer" les parcelles infestées grâce à leurs très forts effets allélopathiques. Les couvertures à base d'espèces du genre *Sorghum* permettent de contrôler la peste végétale qu'est le *Cyperus rotundus* (capable de se développer à travers de nombreux paillages). Une plante comme le *Stylosanthes guianensis* contrôle parfaitement le striga grâce à son épais paillage et ses effets sur la germination des graines (il déclenche la germination mais n'est pas parasité par le striga, dont la plantule meurt rapidement faute d'hôte). Ces plantes qui contrôlent naturellement les adventices permettent de réduire progressivement leur stock semencier dans le sol et font baisser leur pression sur les cultures suivantes.



Contrôle des adventices par la couverture végétale
Riz après stylosanthes

Le contrôle de ces plantes peut se faire mécaniquement (fauche, roulage, décapage manuel) ou chimiquement (par utilisation d'herbicide total ou sélectif) en fonction de leurs caractéristiques (cf. Volume II . Chapitre 2.). Les plantes annuelles (avoine, vesce, mucuna, etc.) sont en général facilement contrôlées par simple fauche ou roulage, ou encore avec des herbicides à faibles doses. Les plantes vivaces (*Brachiaria spp*, *Cynodon dactylon*, Kikuyu grass, etc.) demandent des doses d'herbicide plus élevées et sont de manière générale plus difficiles à contrôler mécaniquement, à l'exception du *Stylosanthes guianensis* qui bien que pérenne peut se contrôler facilement par simple fauche au ras du sol. Certaines plantes peuvent aussi être contrôlées par apport d'urée (cas du trèfle par exemple), submersion (dans les rizières) ou naturellement par le gel (climat tempéré ou sub-tropical d'altitude).

Ce contrôle peut être total dans le cas des couvertures mortes, ou temporaire/localisé pour les couvertures vives qui ne sont maîtrisées que le temps de la culture et/ou sur les lignes de culture, et qui recolonisent la parcelle après la récolte.

Le type de plantes à incorporer dans les successions/associations de cultures dépend donc de la flore adventice, des cultures à mettre en place (certaines plantes peuvent avoir des effets allélopathiques sur certaines cultures) et des moyens disponibles pour contrôler les plantes de couverture.

Principes et fonctionnement du semis direct

Les herbicides en SCV

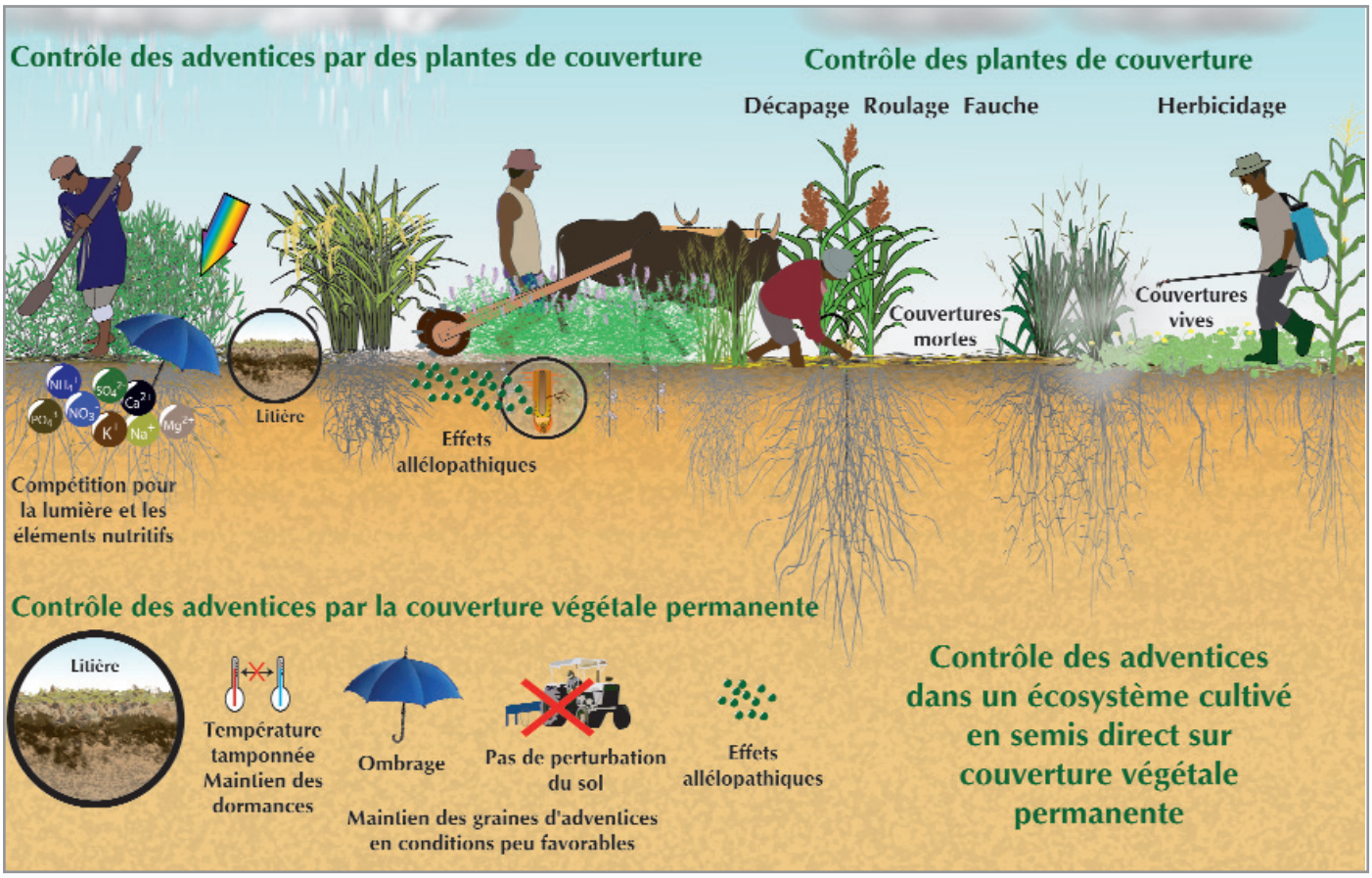
Dans des systèmes SCV installés, avec forte production de biomasse, l'utilisation des herbicides est limitée au nettoyage des parcelles (si nécessaire) avant semis et/ou au contrôle des couvertures végétales pour celles qui ne peuvent pas être contrôlées mécaniquement. Dans ce cas, le contrôle se fait par utilisation d'herbicides totaux, appliqués avant les cultures, en général à faible dose, sur un sol couvert par une forte biomasse, ce qui réduit leur impact sur les cultures et les risques de pollution. L'utilisation d'herbicides "sélectifs" des cultures est limitée autant que possible, d'autant plus que l'efficacité des herbicides de pré-levée est faible sur un paillage, avec un sol riche en matière organique. Un herbicide de post-levée peut éventuellement être utilisé (si il est disponible) en cas "d'accident", quand la couverture, insuffisante, a mal contrôlé les adventices.

Durant la ou les premières années de préparation des systèmes SCV, avant qu'une biomasse suffisante pour contrôler les adventices soit obtenue, l'utilisation d'herbicides est souvent nécessaire. On cherche cependant à la limiter autant que possible, en cultivant en premier des plantes relativement faciles à nettoyer (comme le maïs) que l'on associe à des plantes de couverture qui contrôlent rapidement les adventices.

Dans la culture suivante, la couverture végétale du sol (morte ou vivante, obtenue à partir des résidus de récolte et/ou de plantes de couverture) joue un rôle d'ombrage et peut avoir un effet allélopathique. Suffisamment épaisse, elle empêche la levée de la plupart des adventices.

De plus, l'absence de perturbation du sol permet d'éviter de replacer en conditions favorables de germination les graines d'adventices présentes dans les sols (d'où l'importance de bien maîtriser le semis pour éviter de "polluer" la parcelle en remontant en surface du sol contenant des graines d'adventices). Dans de telles conditions, seules les graines issues de la fructification dans la parcelle des plantes qui n'auraient pas été contrôlées à temps et celles transportées par le vent et les animaux (principales sources d'infestation en SCV) sont à même de germer.

Le contrôle des adventices en SCV passe donc avant tout par la couverture végétale. L'année "zéro" de préparation des SCV doit permettre de contrôler totalement les adventices vivaces et de constituer la couverture végétale épaisse qui assurera le contrôle des adventices annuelles par la suite. Durant cette année de préparation des SCV, le contrôle des adventices est assuré "classiquement" par labour et utilisation d'herbicides sélectifs des cultures, auxquels s'ajoute la mise en place de plantes associées qui vont contribuer à réduire la pression des adventices et à produire



Principes et fonctionnement du semis direct

la couverture végétale pour la saison suivante. Le contrôle des adventices, les années suivantes, dépend avant tout de la quantité et de la qualité de la biomasse produite et maintenue au sol, et du stock de graines d'adventices. Le contrôle des adventices éventuellement levées à travers la couverture (insuffisante) exige soit des herbicides sélectifs (parfois difficiles à trouver, surtout dans des systèmes associant plusieurs plantes aux caractéristiques différentes), soit le passage d'un herbicide total de manière localisée (avec un cache ou un balai-herbicide), soit enfin l'arrachage manuel (long à réaliser). Le recours au binage est déconseillé, le travail du sol, même superficiel, modifiant la dynamique de la matière organique, accélérant la décomposition de la couverture et remontant les graines d'adventices en position favorable à leur germination.



Contrôle total des adventices par la couverture végétale vive Maïs sur Arachis repens

3.8. Température du sol

Température du sol en agriculture conventionnelle

En agriculture conventionnelle, le sol nu est exposé aux radiations du soleil (dont les UV très nuisibles aux micro-organismes). Cette exposition permet un réchauffement rapide du sol (intéressant au printemps dans les milieux tempérés), mais conduit à une très forte amplitude thermique et à des températures extrêmes (en particulier en milieu tropical), peu favorables au développement d'organismes vivants.

Température du sol en SCV

Dans les systèmes SCV, la couverture végétale joue le rôle de couverture thermique. Elle protège le sol du rayonnement solaire et limite les pertes de chaleur par rayonnement pendant la nuit. La température du sol sous une couverture végétale est donc tamponnée, et l'amplitude thermique y est limitée.

En milieu tropical, les températures extrêmes sont ainsi évitées, créant des conditions favorables au développement de l'activité biologique, concentrée dans les premiers centimètres du sol. En milieu tempéré, cette couverture peut en revanche ralentir le réchauffement du sol au printemps et entraîner un retard à la levée et une faible activité biologique. Il est cependant possible de "jouer" sur l'albédo de la couverture : à l'inverse d'une couverture claire qui renvoie une partie importante du rayonnement, une couverture sombre permet de conserver l'énergie et accélère le réchauffement du sol. On peut également découvrir seulement la ligne de semis (roues-étoiles sur semoirs de semis direct, situées à l'avant des disques ouvreurs) pour que le sol se réchauffe plus rapidement. De plus, sur les sols engorgés, un meilleur drainage interne, obtenu par les pratiques SCV, fait que la quantité d'eau du sol à réchauffer est moindre qu'en pratique conventionnelle. Le réchauffement du sol demande une plus faible énergie et se fait plus rapidement.

3.9. Transformation des xénobiotiques

Pollution par les systèmes conventionnels

Dans les systèmes conventionnels, les herbicides et pesticides appliqués (parfois en très forte quantité) arrivent sur un sol nu. Ils peuvent être rapidement fixés par les colloïdes du sol et/ou entraînés par ruissellement, lixiviation et/ou érosion, polluant les sols, la nappe phréatique et/ou les cours d'eau voisins.

Détoxification par les systèmes SCV

A l'inverse, dans des systèmes en SCV , herbicides et pesticides sont interceptés par la couverture végétale qui limite aussi les transferts par ruissellement et lixiviation. Le fonctionnement de la litière et du sol sous SCV permet également la bioremédiation des xénobiotiques polluants, dégradés comme dans un bioréacteur sous l'effet des champignons (type basidiomycètes, pleurotes, *Aspergillus sp.*, etc.) et des bactéries, ou incorporés dans des composés organiques moins toxiques et peu mobiles. Les couverts à base de sorgho, sont très efficaces à remplir cette fonction de détoxification, en particulier par leur forte teneur en lignine qui fournit un substrat pour ces champignons décomposeurs de lignine. De plus, les mycorhizes jouent un rôle important dans la protection des plantes contre les métaux lourds.

Principes et fonctionnement du semis direct

3.10. Bilan

Le fonctionnement du sol en agriculture conventionnelle

L'agriculture conventionnelle repose sur le travail du sol qui a pour objectifs de le préparer pour la mise en place des cultures (lit de semence) et de réduire la pression des adventices.

L'introduction du travail du sol dans un écosystème pour le mettre en culture a cependant pour conséquence de modifier profondément la dynamique de la matière organique, fondamentale pour le bon fonctionnement de l'écosystème "sol". En accélérant la minéralisation, le travail du sol augmente les besoins en biomasse pour maintenir le niveau de matière organique alors qu'en parallèle, la production de phytomasse est limitée par le manque de diversité des cultures et leur faible intensité (monoculture, peu d'associations ou de successions). En conséquence, le travail du sol en agriculture conventionnelle conduit à une perte de matière organique du sol, d'autant plus que le sol mis à nu est exposé à l'érosion. Cette perte de matière organique s'accompagne d'une baisse de l'activité biologique (par diminution du substrat organique mais aussi par perturbation et mise à nu du sol), qui entraînent en conséquence :

Impacts négatifs des pratiques conventionnelles sur l'activité biologique

Les pratiques conventionnelles ont de nombreux impacts négatifs sur les organismes du sol :

• le labour détruit une partie de la macrofaune et crée des conditions difficiles pour les micro-organismes : exposition aux rayonnements UV du soleil et forte température en surface, mauvaise aération en profondeur, faible humidité du fait d'une mauvaise porosité, etc. ;

• la perte de matière organique liée au labour et l'exportation des pailles (fréquente en système conventionnel), équivaut à une baisse des ressources nutritives pour les micro-organismes ;

• certains engrais chimiques sont néfastes aux micro-organismes (chlorures, sulfates, etc.) ;

• herbicides et surtout insecticides et fongicides ont des effets très négatifs sur les organismes vivants du sol.

• le lessivage des argiles, la lixiviation des bases et des éléments nutritifs et une baisse globale de la fertilité ;

• la déstructuration des sols, qui amplifie la baisse de l'activité biologique (perte d'habitats) et conduit à un enracinement superficiel et une mauvaise utilisation de l'eau et des éléments nutritifs par les plantes ;

• la dégradation de la santé des plantes, du fait :

- d'une mauvaise nutrition, irrégulière et déséquilibrée ;

- de la destruction de la microflore (bactéries, mycorhizes, trichodermes, etc.), qui ne remplit plus son rôle de "digestion" des éléments nutritifs et ne fournit plus aux plantes les éliciteurs et antibiotiques qu'elle produit naturellement ; et

- de déséquilibres écologiques, permettant la prolifération de nuisibles.

Pour pallier à ces nouvelles contraintes induites par le travail du sol, l'agriculture conventionnelle intensive s'est tournée vers :

• une intensification du travail du sol, pour compenser (à court terme) la destructuration des sols, et

• une approche chimique, pour compenser la baisse de fertilité chimique du sol (apports d'éléments nutritifs sous forme d'engrais), contrôler les mauvaises herbes (utilisation d'herbicides toujours plus puissants) et protéger les cultures dont les défenses naturelles étaient affaiblies par leur mauvaise nutrition et la faible activité biologique du sol.

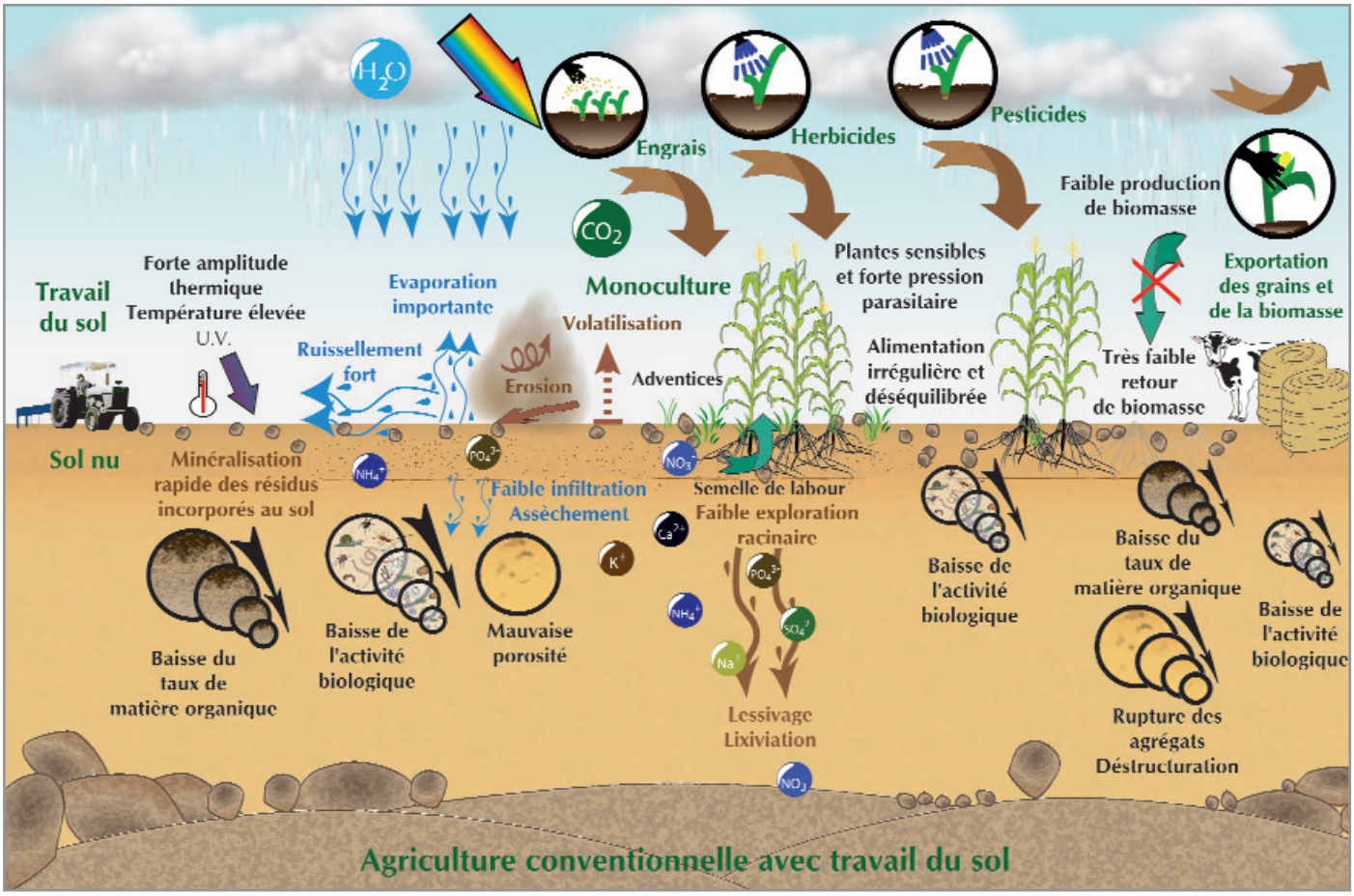
Une telle approche, développée dans les climats tempérés, a permis d'obtenir des résultats intéressants à court terme du fait essentiellement des caractéristiques de ces milieux : la minéralisation lente qui fait que les pertes de matière organique sont faibles, la bonne fertilité initiale des sols qui permet une production de biomasse relativement importante, l'intensité modérée des pluies et donc de l'érosion, l'accès aux intrants dans de bonnes conditions, etc. A moyen terme, la dégradation progressive des sols et l'évolution des marchés (baisse des prix de vente, augmentation des prix des intrants alors que leurs besoins augmentent) font que : i) la mise en oeuvre de pratiques sortant de la logique "chimique" (lutte intégrée, fertilisation raisonée) est difficile ; ii) la tentation d'appliquer des doses croissantes, est forte ; et

Principes et fonctionnement du semis direct

iii) l'agriculture conventionnelle intensive ne peut exister que soutenue par des subventions (pourtant amenées à disparaître). Les problèmes environnementaux engendrés par l'utilisation massive de la chimie la remettent également en question (pollution des nappes et des rivières, perturbation de la faune, résidus dans les produits, santé des utilisateurs, etc.).

Transférées en milieu tropical, sous un climat très agressif (minéralisation très rapide, précipitations intenses) ces pratiques conventionnelles sont catastrophiques (en dehors des milieux très particuliers de rizières). Elles engendrent une érosion intense et une perte rapide de la matière organique du sol (d'autant plus rapide que les résidus de culture sont exportés ou brûlés), conduisant à une dégradation générale des sols. La perte de production qui s'en suit fait que les retours de biomasse au système pour maintenir la fertilité sont insuffisants. L'écosystème ainsi cultivé avec travail du sol entre dans un cercle vicieux de dégradation, qu'il est très difficile de quitter. Des apports de matière organique au sol (restitution de tous les résidus et apports d'engrais organiques) ne suffisent bien souvent qu'à ralentir la dégradation du sol engendrée par son travail, en particulier quand l'érosion est importante. L'option "chimique" de compensation des "dégâts", très coûteuse et difficilement accessible, n'est pas adaptée du tout aux milieux tropicaux, même pour une agriculture commerciale intensive. Elle ne permet pas de maintenir la fertilité du sol, est très polluante et très peu rentable à moyen terme.

Pour la grande majorité des petits agriculteurs sous les tropiques, cette "option chimique" n'est même pas accessible (connaissance, disponibilité et surtout coût des intrants). Les pratiques conventionnelles avec travail du sol conduisent alors, plus ou moins vite selon les conditions (climat, fertilité initiale du sol, pente, usage des feux, etc.), à une dégradation de ce qui est bien souvent leur unique capital : le sol. Cette dégradation du sol s'accompagne d'une baisse tendancielle des rendements, jusqu'à l'impossibilité de cultiver les cultures les plus exigeantes (on doit alors se tourner vers des cultures peu exigeantes, mais peu prisées, comme le manioc), et peuvent même conduire à l'obligation d'abandonner la terre. Ces pratiques avec travail du sol ne font qu'augmenter la précarité des petits agriculteurs, déjà en situation très délicate dans une économie mondialisée.



Principes et fonctionnement du semis direct

Une des “erreurs” majeures de l’agriculture conventionnelle, qui explique en partie sa “fuite en avant” vers une agriculture chimique (très profitable à l’agro-industrie), est d’avoir négligé l’importance de l’activité biologique des sols dans le fonctionnement d’un écosystème cultivé. Elle n’a ainsi considéré le sol que comme un support physique pour les plantes et un réservoir d’éléments nutritifs. En pensant que le maintien de bonnes caractéristiques physiques et chimiques du sol était suffisant pour assurer la production végétale, l’agriculture conventionnelle s’est privée des multiples fonctions et services écosystémiques rendus par la macrofaune et la microflore du sol, y compris ceux indispensables au maintien de ces caractéristiques physiques et chimiques (humification, agrégation, bioturbation, etc.). Un sol mort, sans activité biologique, ne peut que se dégrader (physiquement et chimiquement). La nutrition des plantes, privée de la fonction de “digestion” (solubilisation des éléments nutritifs) normalement remplie par les micro-organismes du sol, ne peut se faire que sous forme de “perfusion” par apport d’engrais minéraux solubles (pour les éléments que la chimie sait rendre solubles), ponctuels et très difficile à équilibrer.



Labour manuel (plus de 100 jours/ha)
Hautes terres malgaches

La méconnaissance de l’importance de l'activité biologique du sol a fait que les “solutions” techniques proposées par l’agriculture conventionnelle, supposées répondre aux nouvelles contraintes, ne s'adressaient qu’aux symptômes (mauvaise nutrition des plantes, maladies et insectes) sans “s’attaquer” aux causes des problèmes (dégradation biologique des sols, déséquilibres écologiques, etc.). Pire encore, les “solutions” apportées pour le “traitement” à court terme de ces symptômes (de maladies, de carences, etc.) conduisent très souvent à l’aggravation des causes en affaiblissant la microflore du sol (effets néfastes du travail du sol, des engrais, des herbicides, des insecticides et surtout des fongicides), en perturbant le fonctionnement des plantes (alimentation, protéosynthèse, etc.) et en détruisant les équilibres écologiques (effets des insecticides et du travail du sol).

De plus, du fait des contraintes économiques (adaptation aux marchés) mais surtout par volonté, consciente ou non, de simplification du métier d’agriculteur, d’agent de vulgarisation ou d’agronome, une composante fondamentale des systèmes de culture (la nature des cultures et leur ordre de succession/association) a progressivement perdu son rôle dans la gestion agronomique des parcelles et des exploitations. Les “solutions” proposées se limitent très souvent à des adaptations de l’itinéraire technique (variétés, pesticides, engrais, etc.) et négligent les possibilités de “piloter” les écosystèmes par les associations et successions de cultures, qui influencent fortement la matière organique et l’activité biologique du sol.

Le fonctionnement du sol dans les systèmes d’abattis-brûlis

Dans les systèmes traditionnels d’abattis-brûlis, la période sous jachère, si elle est assez longue, permet de regagner en partie la fertilité (physique, chimique et surtout biologique) des sols perdue rapidement pendant les périodes de cultures avec travail du sol (et brûlis), sur des pentes souvent fortes. Cependant, à partir d’une densité de population supérieure à 15 ou 20 hab/km², la pression foncière permet difficilement une jachère suffisamment longue pour régénérer convenablement les sols. Au delà de 40 hab/km², la pression sur la terre est telle que la régénération des sols est très limitée et ne permet plus de compenser les pertes. Les sols se dégradent, les rendements baissent et les cycles d’abattis-brûlis s’accélèrent, aggravant dans un cercle vicieux la dégradation des sols et les baisses de rendement.

Le fonctionnement d’un écosystème cultivé en SCV : intensification écologique

A l’inverse de l’agriculture conventionnelle qui introduit une perturbation majeure dans l’écosystème (le travail du sol), le semis direct sur couverture végétale permanente s’inspire du fonctionnement d’un écosystème naturel, sans le perturber mais en l’intensifiant. Ainsi, la dynamique de la matière organique en SCV est proche de celle d’un écosystème naturel et les organismes vivants du sol y jouent un rôle fondamental. Globalement, l’utilisation massive

Principes et fonctionnement du semis direct

d'énergie culturale industrielle de l'agriculture conventionnelle est remplacée par un emploi vertueux et écologique d'énergie culturale biologique.

La gestion de ces systèmes en SCV repose sur un modèle de fonctionnement intégré de cet écosystème cultivé. Elle vise en premier lieu, à travers une forte production et restitution de biomasse, à augmenter le taux de matière organique du sol (puis à le maintenir à un niveau satisfaisant) et à accroître l'activité biologique (intensité et biodiversité) qui sont essentielles à leur bon fonctionnement. Le pilotage de ces systèmes se fait par l'intermédiaire des plantes qui, par leur aptitude à produire une forte biomasse de qualité variée et à stimuler de manière sélective l'activité biologique, permettent de remplir diverses fonctions agronomiques. L'écosystème "sol", façonné par les pratiques culturales, n'est pas cantonné à un rôle de support pour les plantes et de réservoir d'éléments minéraux. Il joue un rôle fondamental et remplit diverses fonctions supplémentaires :

- dans le stockage, la mobilisation et la régulation des flux des éléments nutritifs et de l'eau ;
- d'effet tampon des aléas climatiques ;
- dans la régulation des bioagresseurs, etc.

Ainsi, les principales fonctions agronomiques sont assurées avant tout par la biodiversité fonctionnelle dans les systèmes (qui est perdue dans les systèmes conventionnels). Tout en assurant la production de cultures (répondant aux besoins des agriculteurs et aux exigences des marchés), ces systèmes incluent des plantes choisies pour assurer des fonctions écosystémiques fondamentales (décompaction des sols, recyclage et mobilisation d'éléments nutritifs, contrôle des adventices et des insectes, etc.).

Trois principes indissociables

Les trois grands principes fondamentaux des SCV (pas de perturbation du sol, couverture permanente et diversité des cultures) sont indissociables et fonctionnent en interaction, avec de nombreuses synergies. Le système dans sa globalité est supérieur à la somme de ses composantes.

Par exemple, le maintien d'une couverture végétale permanente n'est pas possible si le sol est perturbé et si cette couverture n'est pas alimentée par une phytomasse importante. De plus, l'application de seulement un ou deux de ces trois principes ne permet pas de maintenir et encore moins d'augmenter le stock de matière organique du sol.

L'application "isolée" de ces principes ne peut avoir un effet marqué que dans certaines conditions très particulières. Dans les milieux très secs par exemple, le maintien de résidus de récolte, même en faible quantité (1-2 t/ha), a un impact marqué sur l'infiltration de l'eau et permet d'améliorer remarquablement la production en levant la contrainte principale (l'alimentation hydrique des plantes).

Les itinéraires techniques ne font que contribuer à rendre ces systèmes performants en leur permettant d'exprimer leur potentiel.

De plus, le mode de fonctionnement des systèmes SCV fait que les effets sur l'environnement d'éventuelles "erreurs de conduite" (fertilisation excessive ou application de pesticides en forte quantité) sont limités par la couverture végétale et l'activité biologique, contrairement aux systèmes conventionnels où de tels excès engendrent une forte pollution.

Les systèmes de culture en SCV sont conçus et adaptés pour lever en priorité les principales contraintes agronomiques identifiées et hiérarchisées. Ils s'adressent activement aux causes des problèmes plus qu'à leurs symptômes, en protégeant (prévention) et en restaurant (remédiation) les sols et les équilibres écologiques. Ils rendent en plus un certain nombre de services écosystémiques, avec en particulier un impact très positif dans le domaine de la séquestration du carbone et la réduction des gaz à effet de serre (alors que les systèmes conventionnels "perdent" du carbone).

De par leur conception même, les systèmes SCV doivent évoluer en permanence pour s'adapter aux évolutions des contraintes majeures (qui sont progressivement levées). Comme pour un écosystème naturel, cette capacité à évoluer est une des conditions de leur durabilité. Pour réintroduire la diversité nécessaire au bon fonctionnement

Des fonctions encore méconnues

Chaque plante est capable d'assurer diverses fonctions et de rendre divers services écosystémiques. Les fonctions remplies par une espèce sont cependant très variables et restent très mal connues. Les plantes agissent très souvent en interaction avec la microflore stimulée de manière sélective par les exsudats racinaires. La compréhension de ces phénomènes et la découverte des capacités des diverses plantes à rendre des services spécifiques est un champ de recherche fondamental pour l'amélioration des performances des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente.

Principes et fonctionnement du semis direct

Une grande diversité de systèmes SCV

Chaque système SCV a un potentiel plus ou moins élevé pour rendre des services écosystémiques divers. De plus, les conditions de réalisation de ces systèmes leur permettent ou non d'exprimer ce potentiel.

En conséquence, la capacité à rendre un service écosystémique donné est spécifique à chaque système, et à ses conditions de réalisation (production effective de biomasse en particulier).

Les systèmes les plus performants sont ceux qui permettent de remplir rapidement de nombreuses fonctions.

Un système ne peut pas remplir toutes les fonctions avec un même niveau d'efficacité. Par contre, la très grande diversité des systèmes SCV permet de choisir les systèmes les plus adaptés à un moment donné, pour remplir des fonctions agronomiques prioritaires et lever les contraintes majeures dans une situation donnée. Au fur et à mesure de l'évolution des situations, les systèmes doivent s'adapter pour assurer les fonctions qui sont devenues prioritaires.

agronomique des sols, on est amené à gérer dans le temps et dans l'espace des populations de plantes qui rendent des services divers, en associations ou en successions (intra ou inter-annuelles).

Une conséquence fondamentale est qu'il existe une très grande diversité de systèmes SCV. Ces systèmes sont conçus pour assurer en priorité des fonctions écosystémiques qui permettent de lever les contraintes majeures (compaction, fertilité, adventices, bioagresseurs, etc.) rencontrées dans une situation donnée (unité agronomique donnée, dans une exploitation donnée, elle même faisant partie d'un terroir). Pour une fonction écosystémique donnée, l'impact des systèmes SCV sur la production et l'environnement est donc, par nature, fonction du système de culture choisi (avec son potentiel à rendre ce type de service) et des conditions de sa réalisation (qui permet ou non l'expression de ce potentiel). Les systèmes SCV les plus robustes sont ceux qui sont capables d'assurer les fonctions écosystémiques attendues dans des conditions de réalisation variées. On cherche également à rendre ces systèmes aussi résilients que possible, c'est à dire capables de retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante. Enfin, les systèmes SCV mis au point doivent s'intégrer au mieux dans les exploitations, avec les contraintes et les moyens des agriculteurs, et répondre à leurs demandes et leurs besoins, dans un contexte socio-économique donné (demande et opportunités des marchés, limitation des risques, etc.).

4. Les conditions de fonctionnement des systèmes SCV

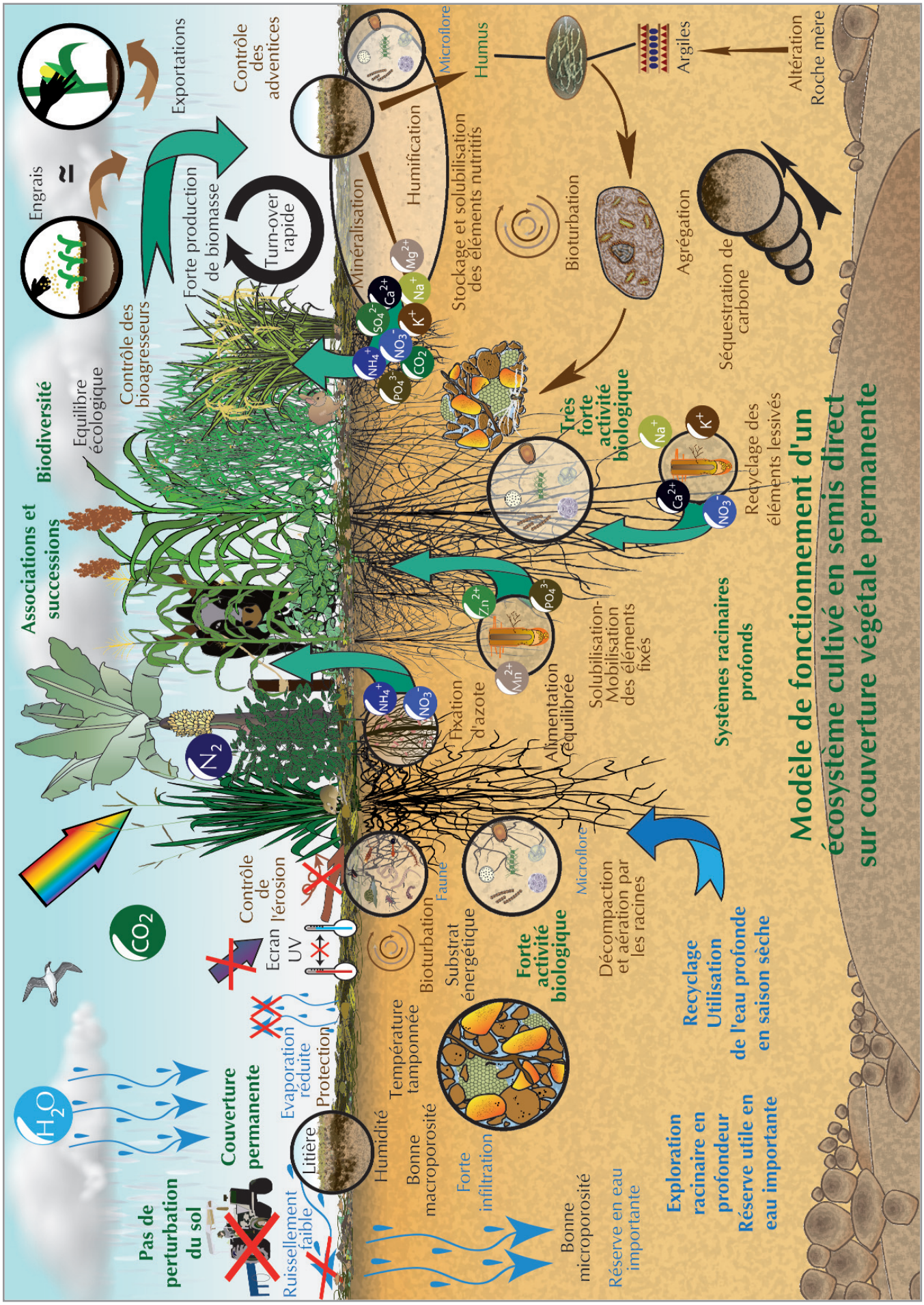
Les systèmes SCV reposent fondamentalement sur la qualité et la quantité de la biomasse produite et restituée à la litière et au sol (biomasse aérienne et racinaire). La qualité de la biomasse joue sur les types de fonctions écosystémiques assurées, alors que la quantité influence directement l'intensité de ces fonctions. Il existe un seuil d'apport de biomasse au sol au delà duquel les systèmes fonctionnent convenablement en SCV, et en dessous duquel ils fonctionnent mal. Ce seuil correspond à la quantité de matière organique minéralisée. Il est variable en fonction essentiellement du climat, de la qualité de la biomasse, du sol et de son mode de gestion (travail ou non). Si les apports sont supérieurs à ce seuil, les sols (et les cultures) en bénéficient et ce d'autant plus fortement et rapidement que le différentiel "biomasse restituée – biomasse perdue par minéralisation" est important.



Couverture végétale permanente du sol
Forte production de biomasse

Inversement, des systèmes avec restitution de matière organique inférieure aux pertes (cas de systèmes à faible production de biomasse et/ou forte exportation, pour l'alimentation animale en particulier) ne permettent pas de maintenir durablement le niveau de matière organique des sols. Ils ne font que ralentir leur dégradation et n'assurent correctement qu'un nombre limité de fonctions agronomiques, ce qui limite leurs performances et leur intérêt. Très souvent, ces systèmes qui entrent dans le terme générique d'agriculture de conservation, ne permettent pas de maintenir une couverture végétale permanente. Ils ne correspondent donc pas, en toute rigueur, à la définition du semis direct sur couverture végétale permanente qui est un type particulier d'agriculture de conservation (et qui offre une grande diversité de systèmes, basés sur un certain nombre de principes à respecter).

Principes et fonctionnement du semis direct



Principes et fonctionnement du semis direct

Pour bénéficier rapidement des effets des pratiques SCV, il est nécessaire d'obtenir un fort différentiel "biomasse restituée au sol – biomasse perdue" dès les premières années d'entrée dans des systèmes SCV. Ce fort différentiel permet à ces systèmes de remplir leurs fonctions écosystémiques, et conduisent à une amélioration rapide des sols et à la restauration d'équilibres écologiques. Ces améliorations, dans un cercle vertueux, facilitent l'obtention d'une production importante de biomasse et permettent d'alimenter facilement la "pompe" des SCV les années suivantes. Sur des sols dégradés, l'obtention d'une forte production de biomasse les premières années passe par la restauration de la fertilité par apport d'engrais (organiques ou minéraux), écobuage et/ou utilisation de plantes de couverture capables de produire une forte biomasse sur des sols peu fertiles. Plus les sols sont dégradés, plus "l'amorce" des systèmes SCV est difficile, longue et/ou coûteuse. En dessous d'un certain niveau de dégradation, elle n'est pas rentable durant les premières années et nécessite un investissement. En revanche, dans de très nombreuses situations agronomiques, la grande diversité des systèmes et des itinéraires techniques possibles en SCV permet d'adapter les pratiques à la grande diversité des situations socio-économiques. Elle permet de proposer des systèmes économiquement rentables, durables et motivants, compatibles avec les moyens et les niveaux de risques acceptables par les différents types d'exploitations. La diversité des systèmes possibles et leurs intérêts, ainsi que leur facilité de mise en œuvre, dépendent cependant largement des conditions biophysiques (climat, sols, etc.) et socio-économiques (systèmes agraires, systèmes d'élevage, conditions de marchés, règles communautaires, etc.). Certains milieux peu contraignants (espace et moyens disponibles, faible pression sur la biomasse, etc.) offrent de nombreuses possibilités d'améliorations, par des systèmes faciles à gérer. A l'inverse, des milieux contraignants (forte pression sur la biomasse, faible potentiel de production, moyens limités, etc.) demandent une adaptation fine des systèmes SCV et de leur gestion.



Maïs + niébé
Forte teneur en matière organique de l'horizon de surface

Pour en savoir plus...

Chaboussou, F. 1985. Santé des cultures : une révolution agronomique. La maison rustique, Flammarion, Paris. ISBN : 2-7066-01-50-7 . 271 p.

De Moraes Sá, J.C. ; Cerri, C.C. ; Piccolo, M.C. Feigl, B.E. ; Buckner, J. ; Fornari, A. ; Sá, M.F. ; Séguy, L. ; Bouzinac, S. ; Venzke-Filho, S.P. ; Paulleti, V. ; Neto, M.S. 2004. Le semis direct comme base de système de production visant la séquestration du carbone. Revista plantio direto, 14 (84) : 45-61.

Gobat, J.M. ; Aragno, M. et Matthey, W. 1998. Le sol vivant. Bases de pédologie-Biologie des sols, ISBN : 2-88074-367-2, Presses polytechniques et universitaires romandes, Collection Gérer l'environnement. 550 p.

Magdoff, F. and Weil, R.R.editors. 2004. Soil organic matter in sustainable agriculture. CRC Press LLC, ISBN 0-8493-1294-9, 398 p.

Séguy, L. ; Bouzinac, S. et Maronezzi, A.C. 2001. Systèmes de culture et dynamique de la matière organique. Un dossier du semis direct. CIRAD-CA, Agronorte Pesquisas-Groupe MAEDA, TAFA/FOFIFA/ANAE. 320 p.
http ://agroecologie.cirad.fr/content/download/7131/34698/file/1172915043.pdf

Séguy, L. ; Bouzinac, S. et al. 2008. La symphonie inachevée du semis direct dans le Brésil central. Le système dominant dit de "semi-direct". Limites et dégâts, éco-solutions et perspectives : la nature au service de l'agriculture durable.CIRAD, Embrapa, AgroNorte, UEPG, Codetec, USP, Facual. 214 p.
http ://agroecologie.cirad.fr/content/download/7200/35181/file/1212319668.pdf

Uphoff, N. T. (ed.) ; Ball, A.S. (ed.), Fernandes, E.C.M. (ed.) ; Herren, H. R. (ed.), Husson, O. (ed.) ; Laing, M. V. (ed.) ; Palm, C. (ed.) ; Pretty, J. (ed.) ; Sanchez, P. (ed.) ; Sanginga, N. (ed.) ; Thies, J. (ed.). 2006. Biological approaches to sustainable soil systems. CRC Press, Boca Raton. ISBN -10 : 1-57444-583-9. 764 p.

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Graphisme : Olivier HUSSON, Eloïse GRAND et IAN Symbols Impression : NIAG



Volume I. Chapitre 2

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente

Lucien SEGUY, Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Serge BOUZINAC,
Roger MICHELLON, André CHABANNE, Stéphane BOULAKIA,
Florent TIVET, Krishna NAUDIN, Frank ENJALRIC, Stéphane CHABIERSKI
Pierson RAKOTONDRALAMBO, RAKOTONDRAMANANA

Octobre 2009

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA TAny sy FAmpandroasana

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

afd Agence Française de Développement

maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) vise à leur permettre de reproduire le fonctionnement d'un écosystème naturel forestier qui repose sur trois "piliers"(cf. Volume I. Chapitre 1.) :



Sol sous couverture végétale de Stylosanthes guianensis

• la couverture végétale permanente du sol / litière (alimentée par une forte production de biomasse et non perturbée en l'absence de travail du sol) ;

• la biodiversité fonctionnelle : les différentes espèces permettent d'assurer une diversité de fonctions écosystémiques fondamentales (structuration du sol, mobilisation et/ou recyclage d'éléments nutritifs, contrôle de l'enherbement, contrôle des bioagresseurs, détoxification, etc.). Elles assurent aussi une forte production de biomasse (matière organique fraîche abondante, grâce en particulier à une bonne efficience de l'eau) qui, restituée au sol, permet d'alimenter la litière et le stock de carbone du sol, dans un turn-over important et rapide de la matière organique ;

• l'activité biologique intense, favorisée par la couverture permanente du sol et la forte production de biomasse par des plantes diverses. Cette forte activité biologique contribue à remplir de nombreuses fonctions, et joue un rôle clef dans le cycle de la matière organique, la structuration du sol et l'alimentation et la santé des plantes.

La gestion des systèmes SCV correspond donc à la gestion de populations de plantes (et indirectement d'organismes vivants du sol), de façon à produire des cultures d'intérêt tout en maximisant la production totale d'une biomasse assurant diverses fonctions écosystémiques. Le choix des espèces (et variétés) se fait sur la base de leurs aptitudes à remplir certaines fonctions, de manière à lever le plus rapidement possible les principales contraintes agronomiques (compaction, fertilité, bioagresseurs, etc.), dans un environnement bio-physique (sol, climat, flore adventice, bioagresseurs, etc.) et socio-économique (exploitation, terroir, marchés, etc.) donné, tout en satisfaisant les objectifs de production.

Dans la pratique, on peut distinguer deux grands modes de gestion des systèmes SCV :

• les systèmes sur couverture morte, dans lesquels les résidus de récolte et/ou les plantes de couverture sont totalement desséchés à l'herbicide total, contrôlés mécaniquement (rouleau à cornière, fauche, décapage) ou meurent naturellement (fin du cycle des annuelles, gel, etc.) ;

• les systèmes sur couverture végétale vive, pour lesquels on se contente de maîtriser une plante de couverture pérenne pour la durée de la culture mais sans la tuer, afin qu'elle se réinstalle d'elle-même après la période de culture.

Les principes de base pour optimiser la production de biomasse

• Maximiser la production en utilisant tout l'espace disponible (associations de cultures dans les parcelles cultivées et plantes de couverture dans les zones incultes), aussi longtemps que possible (successions de cultures, utilisation de plantes annuelles capables de se développer en saison sèche et/ou froide, utilisation de plantes pérennes, semis précoce, remplacement systématique des plants manquants, etc.).

• Redresser la fertilité du sol aussi vite que possible (engrais minéraux ou organiques, écobuage et/ou "pompes biologiques" végétales) et optimiser l'utilisation des éléments nutritifs (limitation des pertes, recyclage, mobilisation des éléments peu disponibles, etc.).

• Optimiser l'utilisation de l'eau, en produisant un maximum de biomasse pendant la saison des pluies et en utilisant pendant la saison sèche l'eau infiltrée en profondeur (plantes recycleuses au système racinaire profond, capables de prolonger leur croissance très tard dans la saison sèche).

• Associer autant que possible des plantes aux caractéristiques diverses (permettant d'optimiser la production sous contraintes climatiques diverses), à forte biomasse aérienne et racinaire.

• Ne pas immobiliser la terre pour la production de biomasse uniquement (sauf quand l'espace disponible le permet facilement). Rentabiliser autant que possible les plantes de couverture en les associant à une culture.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Dans tous les cas, les performances de ces systèmes reposent avant tout sur la biomasse produite et restituée à la parcelle, qui permet au sol de retrouver et d'entretenir des propriétés physiques, chimiques et biologiques favorables.

1. Production et gestion de la biomasse en SCV

Les besoins en biomasse pour couvrir les pertes par minéralisation et assurer un bon fonctionnement des systèmes SCV varient principalement selon le climat (et le type de résidus). Dans un écosystème cultivé, utiliser uniquement les résidus de récolte est en général insuffisant pour approvisionner correctement le sol en matière organique fraîche, surtout en milieu tropical où la minéralisation est rapide. Les plantes cultivées doivent être "renforcées" par des plantes qui permettent d'utiliser pleinement les ressources et ainsi d'augmenter la production totale de biomasse. La transition entre système conventionnel (labour) et SCV se fait d'autant plus rapidement et facilement que les systèmes choisis produisent une biomasse importante la (ou les) première(s) année(s).

1.1. Production de biomasse (matière organique fraîche)

Périodes de production possible

La période de production possible est déterminée avant tout par le climat et le régime hydrique des parcelles, et par les plantes cultivées. Afin de maximiser la production de biomasse, le principe de base est d'occuper autant que possible les plages non valorisées par les cultures, que ce soit dans l'espace (associations de plantes) ou dans le temps (successions).

De nombreuses plantes de couverture ont été sélectionnées pour leur aptitude à se développer efficacement en conditions marginales et ainsi étendre autant que possible la période de production de biomasse : i) durant la période froide dans les climats tempérés, ii) aussi loin que possible durant la saison sèche quand elle est marquée, iii) avant ou après la culture principale quand la saison des pluies est plus longue que le cycle de cette culture (très rapidement en début ou en fin de saison des pluies) ou, iv) lors d'une "petite" période de pluies dans les climats bimodaux avec deux saisons des pluies.

Cependant, les conditions climatiques favorables à une forte production de biomasse (chaleur, ensoleillement et pluies) sont aussi très favorables à la décomposition de la matière organique et à la minéralisation. Pour assurer un bon fonctionnement des SCV, il faut assurer une très forte production de biomasse à ces périodes pour compenser la décomposition rapide, et produire autant que possible pendant les périodes marginales, qui permettent d'accroître considérablement la production totale de biomasse (et durant lesquelles les pertes sont moins rapides).

Associations et successions de cultures

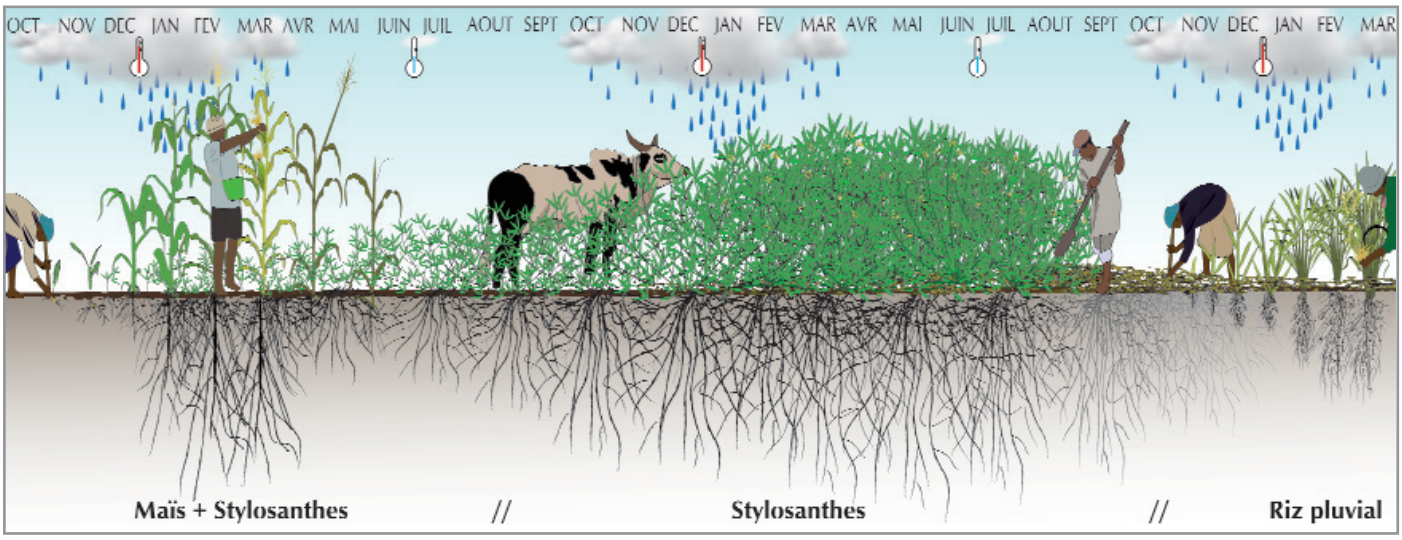
Les associations de plantes sont utilisées autant que possible car elles permettent d'assurer une production de biomasse globalement plus importante et plus stable. Il s'agit là d'un principe de base en écologie : la diversité donne plus de chances d'avoir des plantes adaptées aux conditions réelles de production (sols, aléas climatiques, etc.), et la complémentarité des plantes permet une meilleure valorisation des ressources. La diversité des espèces permet également d'apporter une biodiversité fonctionnelle qui assure des fonctions et rend des services écosystémiques variés (séquestration de carbone, recyclage des éléments nutritifs, contrôle des adventices et des bioagresseurs, etc.)



Association maïs + dolique sur les hautes terres malgaches

Lorsque l'espace disponible est suffisant, la solution la plus facile à mettre en œuvre est d'alterner cultures et plantes de couverture à très forte production de biomasse. La meilleure solution consiste à installer dans la culture une (ou plusieurs) plante(s) de couverture vivace(s) en en décalant le semis, et de la (les) laisser se développer l'année suivante (jachère améliorée).

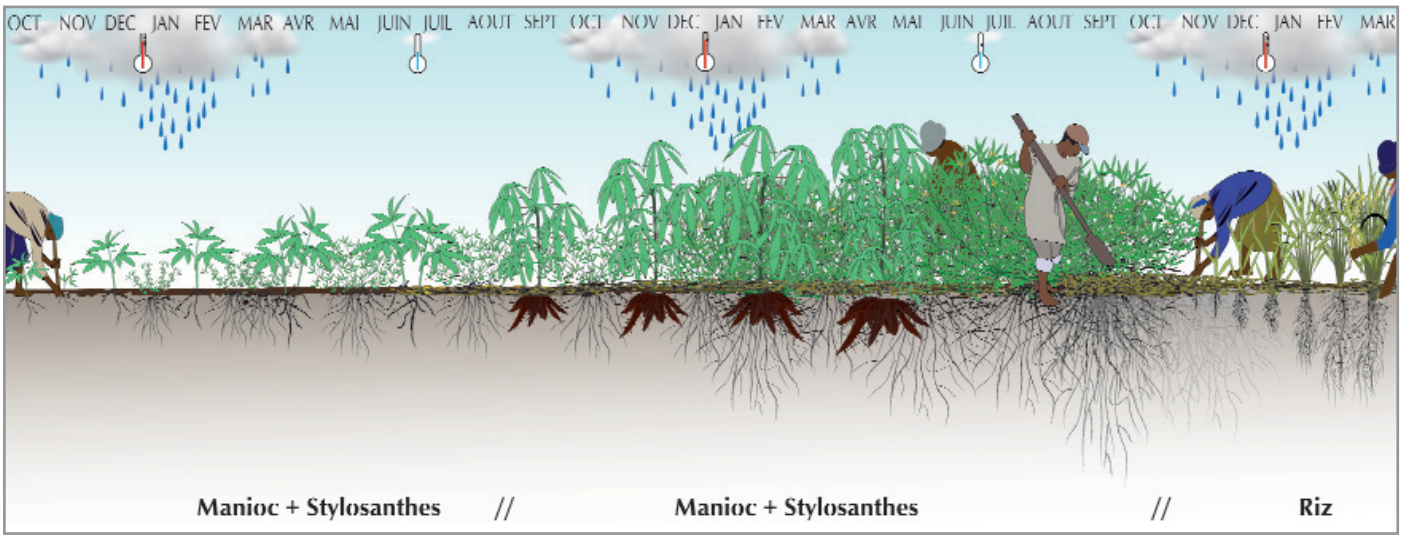
La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



Exemple de système quand l'espace disponible est suffisant pour alterner cultures et plantes de couverture

L'espace disponible est cependant rarement suffisant pour permettre d'immobiliser la terre sans production vivrière pendant plus d'un an.

Une pratique intermédiaire, très intéressante sur les sols pauvres, est de cultiver une culture de cycle très long comme le manioc (12 à 24 mois selon les régions) en association avec une plante de couverture qui dispose ainsi d'une période suffisante pour se développer fortement, sans immobiliser la terre.



Exemple de système intermédiaire permettant une forte production de biomasse sans immobiliser la terre



La production d'une culture alimentaire et/ou commerciale chaque année est toutefois très souvent nécessaire. La production supplémentaire de biomasse doit alors se faire par successions intra-annuelles si le climat le permet et/ou associations de cultures.

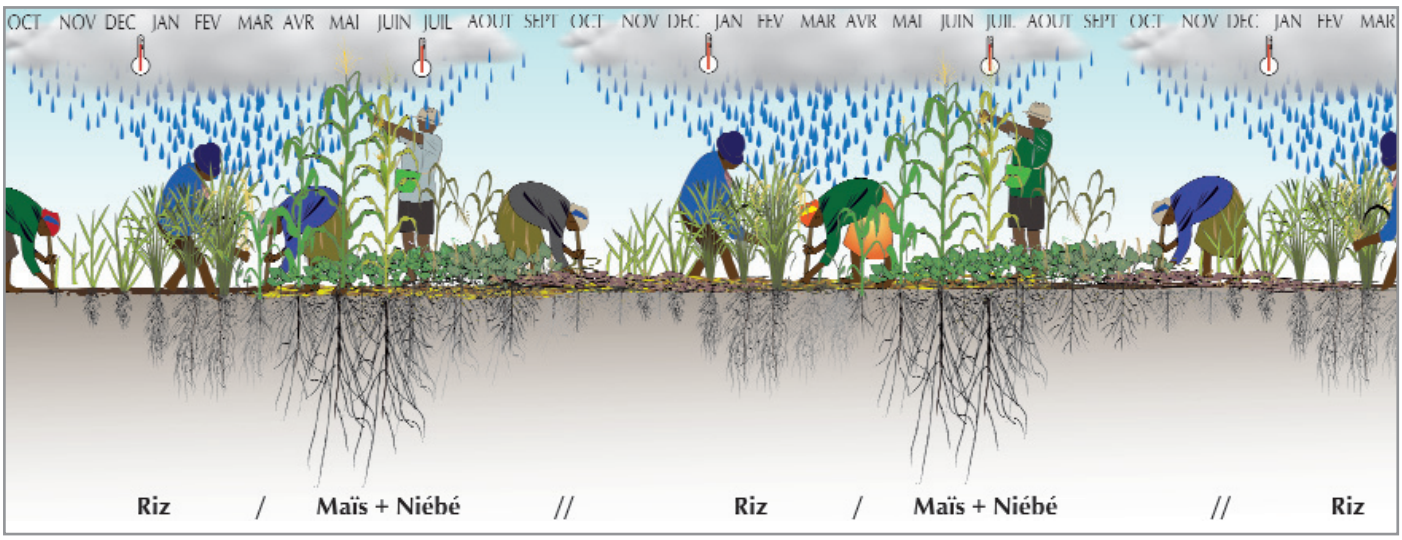
Association manioc + stylosanthes Lac Alaotra

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Plus la saison chaude et humide est longue et plus les pluies sont importantes (ou plus les plantes peuvent être alimentées en eau par le sol en saison sèche), plus il est facile de gérer successions et/ou associations et de produire une forte biomasse. Il faut cependant dans ces cas produire une très forte biomasse, sur des périodes aussi continues que possible (et en particulier en saison sèche avec des couvertures utilisant l'eau profonde) pour compenser la forte minéralisation.

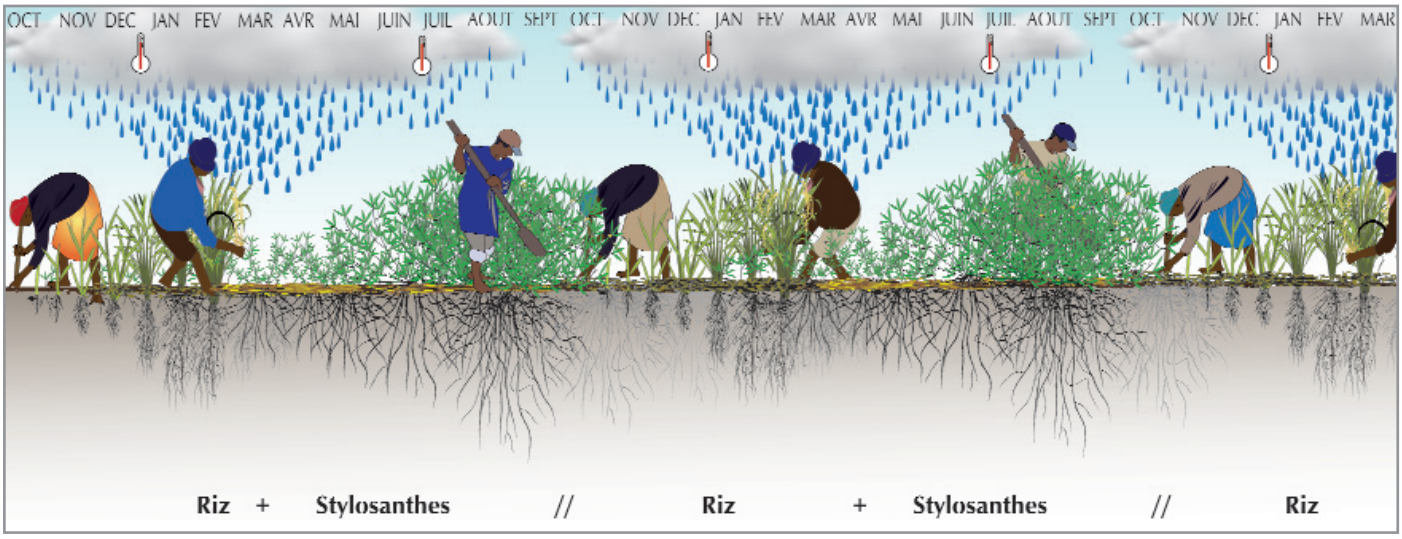
On peut pour cela :

- faire se succéder dans la même année plusieurs plantes annuelles, en choisissant des cycles qui permettent de couvrir au mieux les sols toute l'année et de recycler autant que possible les éléments nutritifs ("pompes biologiques" en succession des cultures). On peut ainsi cultiver jusqu'à trois cycles de cultures/plantes de couverture par an ;



Exemple de succession intra-annuelle et association de cultures en climat tropical humide

- associer une culture annuelle avec des plantes de couverture vivaces, qui produiront toute l'année (et que l'on pourra garder vivante ou contrôler pour la mise en place de la culture suivante) ;

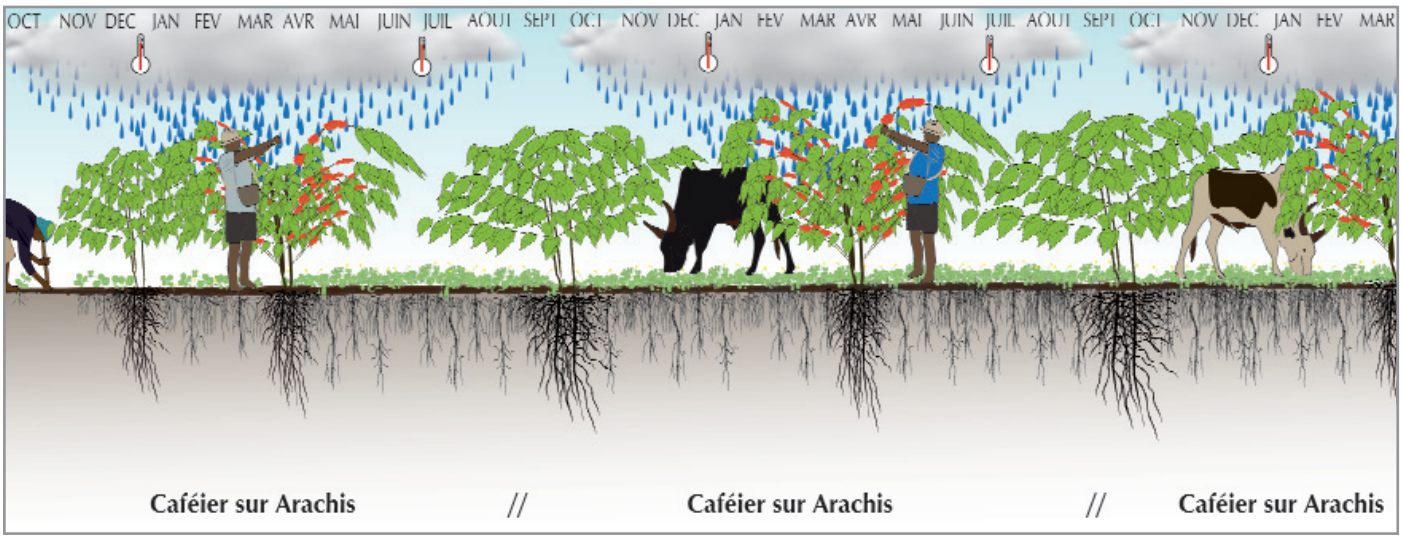


Exemple d'association entre culture et plante de couverture vivace en climat tropical humide

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

ou

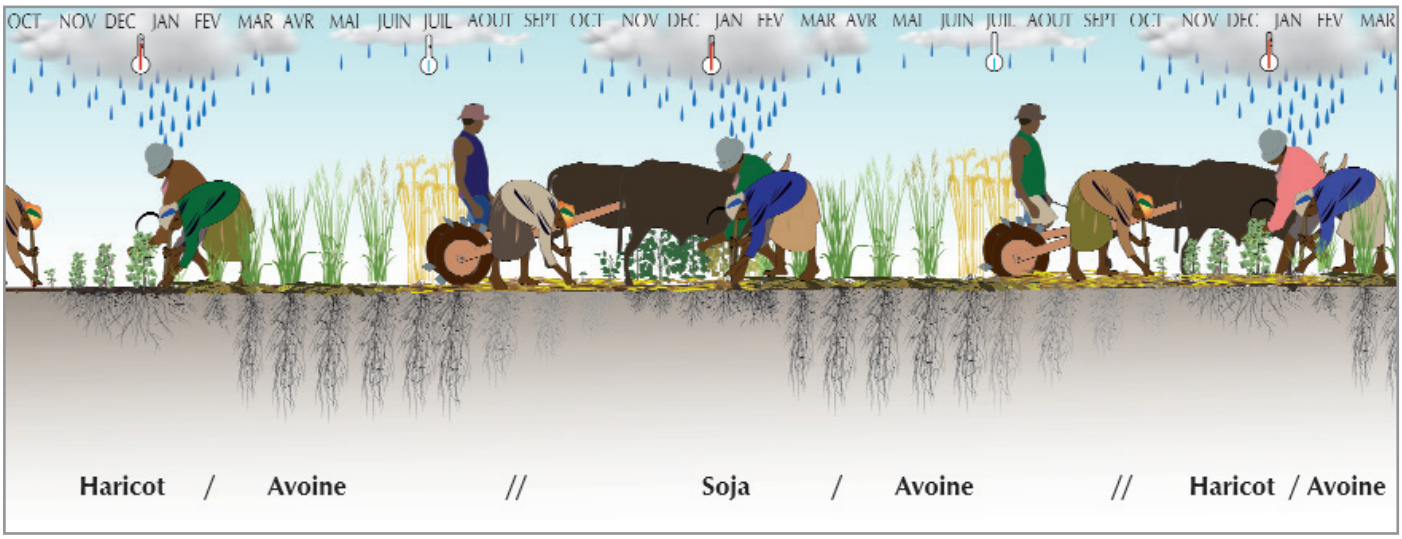
• cultiver des plantes pérennes associées à des couvertures vivaces, comme le caféier sur une couverture d'*Arachis pintoï*.



Exemple de production de plante pérenne sur couverture végétale vive en climat tropical humide

Avec une saison des pluies plus courte et/ou une saison froide, la minéralisation est plus lente mais la période de production de biomasse possible est plus courte. Les successions ne peuvent se faire qu'avec :

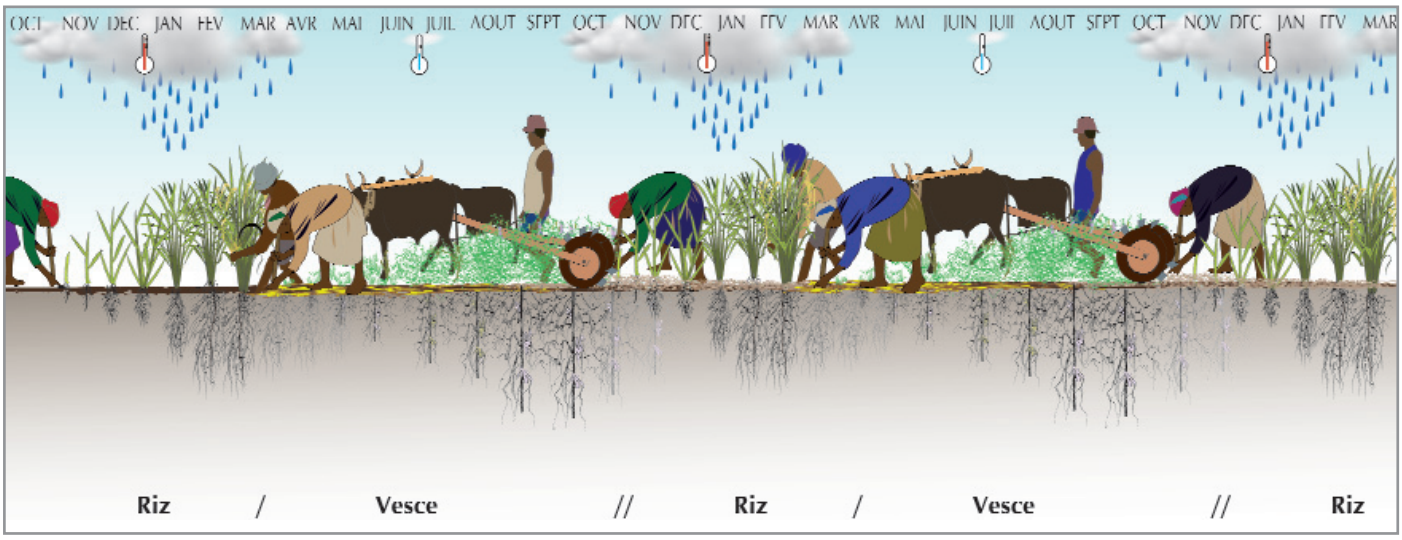
• une culture de cycle court, comme le haricot (suivi d'une avoine par exemple);



Exemple de successions intra-annuelles de cultures à cycle très court

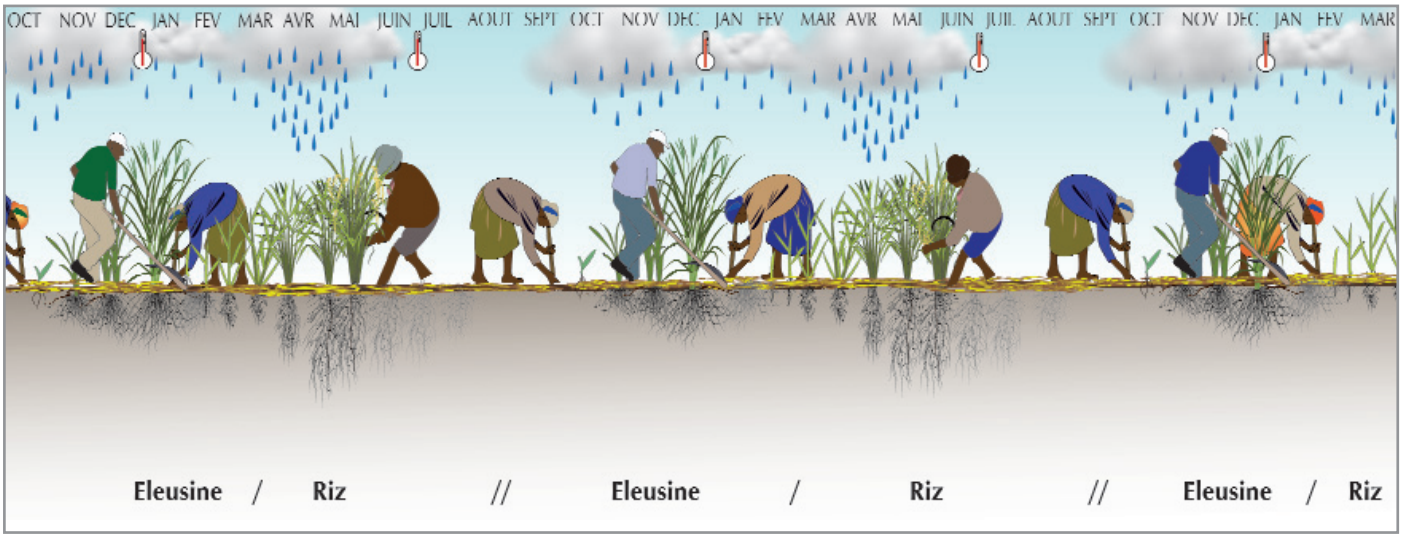
• une plante de couverture de cycle long, implantée après une culture et capable de supporter la saison sèche et/ou froide pour se développer rapidement dès les premières pluies/chaleurs, comme la vesce sur les hautes terres ou au lac Alaotra ;

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



Exemple de succession intra-annuelle culture/plante de couverture de cycle long (production en période marginale)

• une plante de couverture capable de produire très rapidement une forte biomasse, comme l'éleusine, le mil, le sorgho ou les brachiarias (ou un mélange de ces espèces), installés en début de saison des pluies ou durant la petite saison des pluies dans un climat de type bimodal (la petite saison des pluies étant trop courte pour permettre le cycle complet d'une culture).



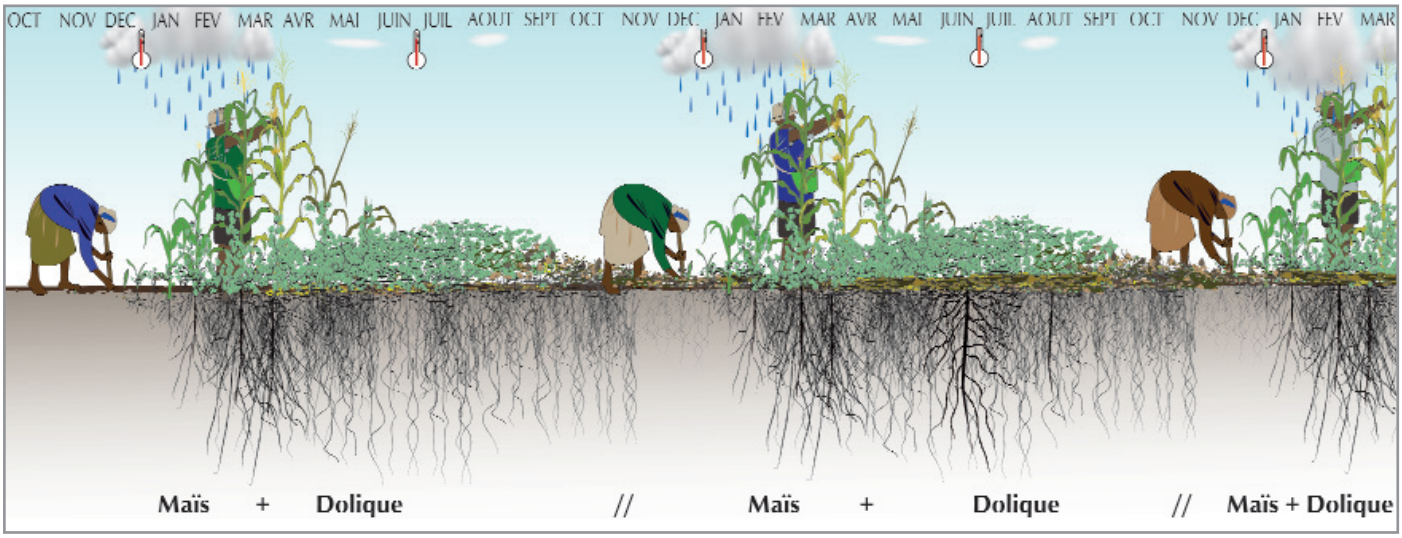
Exemple de succession intra-annuelle plante de couverture à croissance rapide / culture

Quand la saison des pluies est trop courte pour faire ces successions, même avec des cycles très courts (sauf dans des conditions de milieu particulières, avec un régime hydrique plus favorable : parties basses des toposéquences, irrigation), il faut alors, pour maximiser la production de biomasse, avoir recours à des plantes capables de produire en périodes marginales :

• des plantes installées en saison des pluies en association avec la culture, et qui prolongent leur croissance au maximum durant la saison sèche, en puisant dans l'eau profonde du sol. Pour s'implanter correctement avant l'arrivée de la saison sèche et être capable de s'y développer, la plante associée doit être semée suffisamment tôt. Elle risque cependant d'entrer en compétition avec la culture (d'autant plus que l'eau est un facteur très limitant) et doit être gérée par une densité adaptée, un bon agencement dans l'espace, l'apport localisé d'engrais et/ou l'utilisation de plantes de couverture au système racinaire différent

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

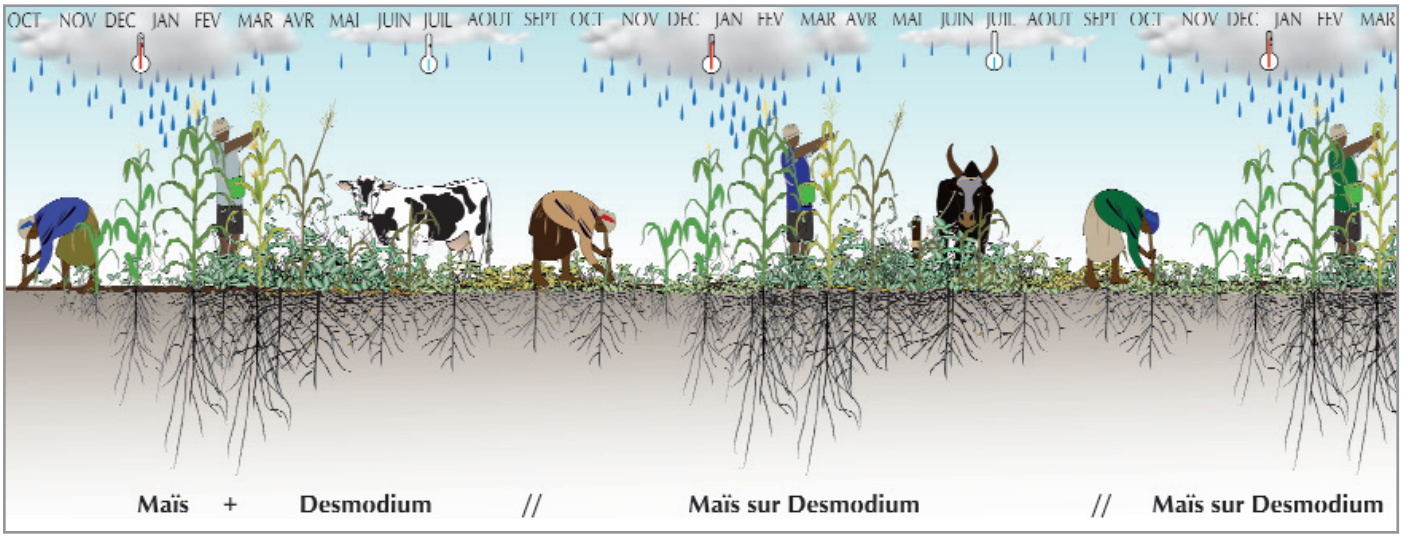
des cultures. Plus la saison des pluies est courte et le montant des précipitations faible, plus ces associations sont difficiles à gérer et demandent le respect d'un itinéraire technique précis ;



Exemple d'association culture + plante de couverture à cycle long (production en période marginale)

ou

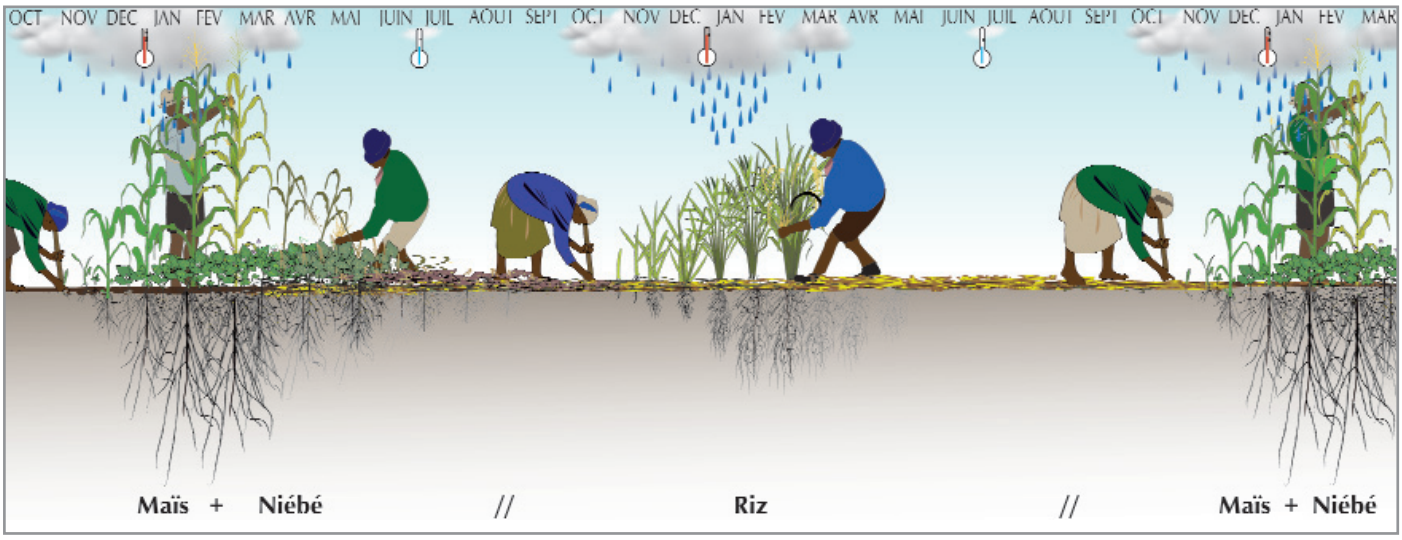
• des plantes de couverture vivaces utilisées en couverture vivante (desmodium, kikuyu, etc.).



Exemple de système sur couverture végétale vive

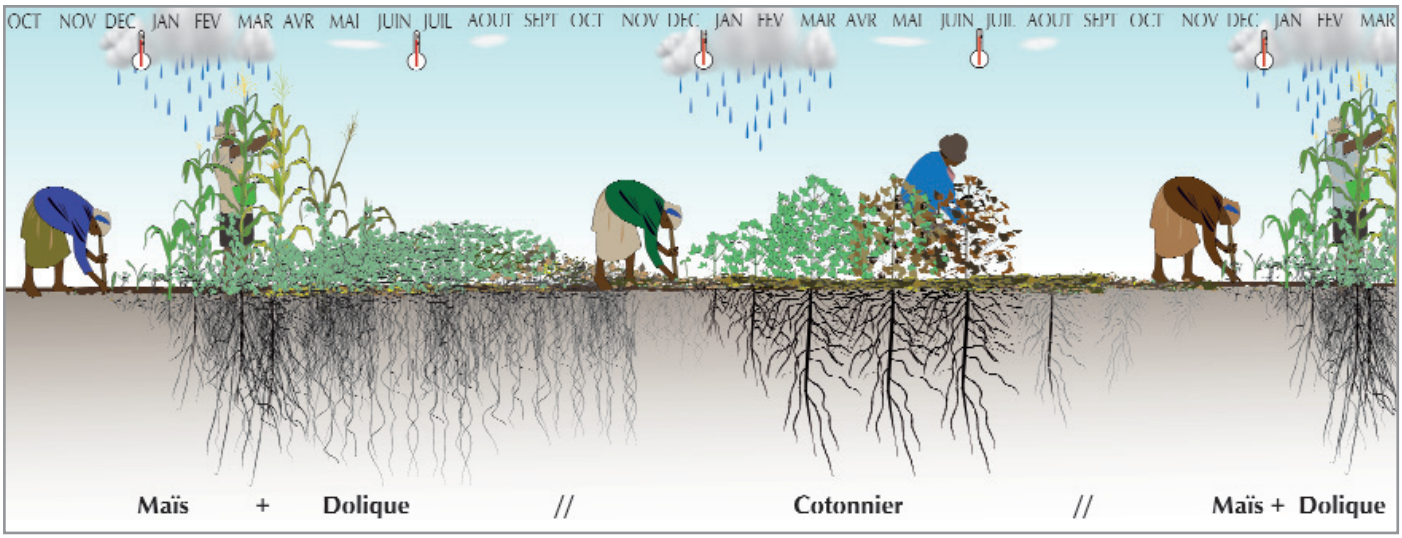
Lorsqu'il est difficile de conduire successions intra-annuelles ou associations de cultures avec une culture de cycle long et/ou laissant peu pénétrer la lumière, les successions inter-annuelles de cultures prennent une importance capitale. Elles permettent d'assurer dans le temps la diversité des plantes cultivées sur une parcelle, de produire une biomasse suffisante et d'éviter d'épuiser les sols en ne cultivant que des espèces ayant des besoins semblables. On cherchera à maximiser la production de biomasse la première année pour "amorcer la pompe" du semis direct, comme dans le système maïs + niébé (ou dolique ou *Vigna umbellata*)//riz très intéressant au lac Alaotra (moyenne altitude et saison sèche marquée).

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



Exemple d'associations et successions inter-annuelles (climat à longue saison sèche ou froide)

Dans les climats semi-arides, où la production totale de biomasse et la minéralisation sont limitées par l'eau, on cherchera à assurer au moins une année sur deux la production d'une forte biomasse, qui couvrira les besoins de deux années (comme l'association maïs + dolique en précédent du cotonnier).



Exemple de système à très forte production de biomasse une année sur deux (climat semi-aride)

Dans tous les cas, les associations et successions de cultures seront choisies pour minimiser la période sans production de biomasse et assurer une bonne couverture du sol en permanence (et en particulier juste avant le semis de la culture principale). Les systèmes se raisonnent donc sur plusieurs années et la mise en place d'une plante de couverture se fait plusieurs mois avant la culture, ce qui nécessite une bonne planification.

Gestion des associations et successions de cultures

La gestion des associations et successions de cultures se fait en assurant la production de la culture principale, tout en ajustant en parallèle les plantes associées (choix des associations et successions, cf. Volume II. Chapitre 1.) et les paramètres de leur implantation (itinéraires techniques cf. Volume II. Chapitre 2.) pour maximiser leur production sans nuire à la culture. Outre les possibilités de "jouer" sur les variétés (les caractéristiques d'une espèce peuvent varier très fortement d'une variété à l'autre, en particulier en ce qui concerne leur cycle), l'iti-

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



Association riz + niébé
Riz semé en double rangs sur écobuage
Niébé semé un mois après le riz

néraire technique permet de contrôler la compétition éventuelle des plantes de couverture sur les cultures. On peut ainsi adapter les dates de semis, la densité et l'agencement des plantes dans l'espace, et/ou le mode et la profondeur du semis, apporter une fertilisation localisée ou encore contrôler les plantes de couverture par fauche, application d'herbicide sélectif voire même application d'urée ou irrigation.
Le choix des systèmes, et l'ajustement des itinéraires techniques qui permettent de gérer des associations de cultures/plantes de couverture, sont donc avant tout une question de connaissance et de maîtrise du matériel végétal adapté, et de bon sens.

Mélanges d'espèces de plantes de couverture

Le mélange d'espèces pour réaliser la couverture végétale est très intéressant. La biodiversité accrue dans les systèmes permet de bénéficier simultanément de nombreuses fonctions et de services écosystémiques divers rendus par ces plantes. En fonction des contraintes majeures à lever en priorité, on peut ainsi mélanger :

- des plantes à système racinaire pivotant (cajanus, crotalaire, etc.) avec des plantes à système racinaire fasciculé et puissant (brachiaria, éleusine) pour reconstruire rapidement macro-porosité et micro-porosité du sol ;
- des légumineuses pour la fixation d'azote ;
- des plantes de type C4 pour la forte production de biomasse ;
- des plantes à forte capacité de recyclage des éléments nutritifs lixiviés en profondeur (développement rapide et en profondeur du système racinaire) comme l'éleusine, le mil, le sorgho, les brachiarias ;
- des plantes capables de solubiliser (en interaction avec la microflore) des éléments nutritifs peu disponibles (lupin, stylosanthes, amaranthes, etc.) ;
- des plantes à effets allélopathiques puissants (avoine, sorgho, etc.) pour le contrôle des adventices ;
- des plantes répulsives ou à effets insecticides (radis fourrager, vesce, desmodium, plantes aromatiques diverses, etc.) pour le contrôle des insectes nuisibles ;
- des plantes attractives d'entomopathogènes (champignons, nématodes, etc) ou de prédateurs des bioagresseurs (vesce, etc.) ; et/ou
- toute plante capable de remplir une fonction ou de rendre un service écosystémique particulier, la plupart du temps en favorisant le développement de micro-organismes spécifiques : détoxification du sol contre des polluants avec le sorgho, complexation de l'aluminium toxique avec les brachiarias, suppression de maladies fongiques avec le mélange éleusine + crotalaire sur la pyriculariose du riz, ainsi que de très nombreuses autres fonctions encore à découvrir.

De tels mélanges permettent également l'obtention d'une biomasse de qualité très variée, à vitesse de décomposition différenciée. La minéralisation de cette phytomasse conduit à une

SCV et plantes "souterraines"

La conduite des systèmes en SCV n'exclut pas la culture de plantes "souterraines" comme les tubercules (pomme de terre, patate douce, etc.), racines tubérisées (manioc, etc.) ou les légumineuses à graines enterrées (arachide, pois de terre, etc.), qui jouent souvent un rôle important en petite agriculture familiale.

D'une part, la bonne structure du sol en SCV fait que le recours au billonnage ou au buttage des racines et tubercules n'est pas nécessaire. Il doit au contraire être évité pour laisser le sol à plat et permettre le semis direct par la suite. D'autre part, le paillage n'est en aucun cas une gêne à la pénétration des gynophores des légumineuses.

De plus, les racines tubérisées, les tubercules ou les graines de ces plantes conduites sous couvert végétal se développent majoritairement en surface, juste sous le paillage, ce qui fait que leur récolte perturbe relativement peu le sol (et est beaucoup plus rapide qu'en système conventionnel).

Toutefois, ces cultures produisant peu de biomasse, il faut de préférence les associer (manioc + stylosanthes ou pomme de terre + avoine par exemple) ou les conduire sur couverture vive (comme l'arachide ou le pois de terre sur cynodon vif), ce qui permet à la couverture végétale de recouvrir rapidement les zones perturbées par la récolte. Si ces cultures ne sont pas associées, il est nécessaire de reconstituer la couverture végétale rapidement, en installant un système à très forte production de biomasse.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

libération régulière et continue d'éléments nutritifs pour les cultures suivantes.
La composition de ces mélanges vise à utiliser la complémentarité écosystémique de ces plantes, pour assurer les différentes fonctions agronomiques fondamentales et lever en priorité les facteurs de blocage principaux.
Cette composition doit également permettre une gestion facile de la couverture et une rentabilité économique maximale. Pour cela, le mélange de plantes de couverture doit pouvoir être associé à la culture principale sans lui nuire. Pour l'implantation de la couverture en succession d'une culture principale, il est très intéressant d'intégrer une culture d'intérêt commercial (maïs, sorgho, etc.) qui couvre les coûts d'implantation du couvert végétal et son contrôle avant semis de la culture principale.

Remplacer les plants manquants

Il est important de remplacer systématiquement les plants manquants (dûs par exemple à une mauvaise germination, un accident climatique, des attaques d'insectes, etc.) afin de :

- maximiser la production de biomasse et couvrir le sol ;
- ne pas laisser la place libre pour les adventices qui pourraient alors se multiplier et infester les parcelles.

Ce remplacement est d'autant plus nécessaire quand des "trous" importants se sont formés dans la végétation du fait d'un grand nombre de pieds manquants. Il peut se faire avec la même espèce, si cela est encore possible, ou avec une autre espèce (mieux adaptée à la nouvelle période de production).

L'implantation de ce mélange doit pouvoir se faire facilement. Les plantes à petites graines (éleusine, mil, stylosanthes, amaranthes, etc.) sont très intéressantes en ce sens. Elles peuvent être semées à la volée et ne nécessitent que quelques kilogrammes de semences par hectare. Elles peuvent être produites sur une faible surface (l'utilisation de mélanges ne permettant pas de récolter les graines dans la couverture et nécessitant la production de graines séparément). Les cycles des différentes espèces mélangées doivent être compatibles, en particulier pour les mélanges d'espèces annuelles contrôlées par fauche ou roulage après floraison. Elles doivent toutes pouvoir être gérées de la même manière (que ce soit chimiquement ou mécaniquement), et contrôlées en même temps pour faciliter leur utilisation et réduire les coûts.



Mélange avoine + lupin + vesce + radis fourrager

Mélanges de variétés

Le mélange de variétés d'une espèce cultivée permet de réduire les risques et d'obtenir une production plus stable et plus élevée (les variétés les plus adaptées aux conditions climatiques de l'année de culture permettant d'assurer la production). Il permet aussi de réduire l'incidence des maladies en intégrant des variétés résistantes, qui assurent la production en cas de forte pression parasitaire, et limitent la transmission aux variétés moins résistantes (barrière physique au transport des organismes pathogènes).

Le choix des variétés se fait de manière à introduire :

- des variétés résistantes aux principales maladies (chaque variété doit être résistante à plusieurs maladies, pas forcément les mêmes d'une variété à l'autre) qui peuvent avoir une incidence forte dans la zone de culture ; et
- des variétés à fort potentiel dans les conditions de culture (niveau de fertilité, régime hydrique, etc.).

Quand la récolte est mécanisée, les différentes variétés mélangées doivent impérativement avoir un cycle de production assez semblable pour que la récolte puisse se faire à un degré de maturité uniforme. Dans des petites parcelles récoltées manuellement, l'utilisation de variétés avec des cycles différents (comme le décalage du semis) per-

Utiliser les bonnes variétés

Les caractéristiques et les performances (en particulier la production de biomasse) d'une même espèce peuvent varier très fortement :

- d'une variété à une autre ;
- en fonction du système de culture.

Il est donc indispensable de choisir avec précaution non seulement les espèces mais aussi les variétés à utiliser lorsqu'on décide d'installer des systèmes en SCV.

Le travail de création de systèmes SCV doit s'accompagner de la sélection des variétés les plus performantes dans ces systèmes.

Par la suite, la diffusion des systèmes SCV exige la mise à disposition des variétés les plus performantes au niveau des terroirs et des exploitations.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

met de réduire le risque climatique. Elle évite qu'un accident (cyclone, vent violent, sécheresse, grêle, etc.) se produise à un stade sensible (comme la floraison) pour toutes les variétés. En revanche, une telle pratique augmente considérablement le temps de récolte qui doit se faire en plusieurs passages.

Fertilité et production de biomasse



Maïs + niébé sur sol pauvre
Effet marqué de la fertilisation (à droite) sur la production. Lac Alaotra

La fertilité influence directement la production de biomasse, qui conditionne les effets bénéfiques des SCV. Malheureusement, dans de très nombreuses situations, la fertilité initiale est très basse.
Une des principales difficultés du passage de systèmes conventionnels aux systèmes SCV est d'arriver à obtenir une forte production de biomasse les premières années, en partant d'une faible fertilité. Une fois obtenue, cette forte phytomasse restituée au sol permet d'en accroître le niveau de fertilité, et sert à alimenter les plantes des cycles suivants.

De nombreuses plantes de couverture utilisées en SCV ont été sélectionnées pour leur aptitude à produire en condition de faible fertilité. Cependant, plus la fertilité initiale est basse (et plus le climat est contraignant), plus le temps nécessaire à ces plantes pour produire une biomasse suffisante est long. Un apport de fertilisation (fumure minérale ou organique, écobuage) réduit considérablement le temps d'obtention d'une biomasse importante, permettant une installation rapide des systèmes SCV.

Gain de production de biomasse par rapport aux systèmes conventionnels

Le climat et la fertilité des sols déterminent largement le potentiel de production de biomasse des systèmes.



"Habillage" des systèmes paysans
Installation d'avoine en relais du maïs
Hautes terres malgaches

Le gain potentiel de production de biomasse des systèmes SCV par rapport aux systèmes traditionnels dépend de ces facteurs, mais aussi très largement de la pression sur la terre (et donc de l'intensité des cultures). Dans des milieux à faible utilisation des sols (faible densité de population), des systèmes basés sur des successions de cultures, voire même des rotations alternant cultures et plantes de couverture amélioratrices des sols sont possibles, et le gain de biomasse par rapport au système traditionnel est très élevé. A l'inverse, pour les milieux à très forte intensité d'utilisation des sols (avec deux ou trois cultures par an), seules les associations de plantes de couverture dans les cultures (en successions intra-annuelles) sont possibles pour augmenter la production de biomasse (puisque toute la période de production possible est déjà utilisée). Elles exigent cependant le respect d'un itinéraire technique précis (en particulier les dates de semis) et ne permettent qu'une production supplémentaire limitée, qui doit être bien gérée pour éviter sa surexploitation (divagation des animaux).

La gestion de ces biomasses peut cependant être largement améliorée en SCV par rapport aux systèmes conventionnels qui, de manière générale, la restituent peu au sol, soit :

- parce qu'elle est utilisée à une autre fin (alimentation animale, bois de chauffe, matériaux de construction), utilisation que les systèmes SCV à proposer en remplacement doivent prendre en compte ; soit
- parce qu'elle est une gêne pour leurs pratiques (difficultés à labourer, décomposition très lente des pailles quand elles sont enfouies en profondeur, peur de transmission de maladies, etc.). La paille est alors souvent brûlée. Ces situations offrent la possibilité d'augmenter facilement la quantité de biomasse restituée au sol, en en modifiant simplement la gestion pour des systèmes SCV.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

1.2. Gestion de la biomasse en SCV

Le climat et le sol déterminent largement les besoins en biomasse pour approvisionner convenablement les systèmes en semis direct, en influençant le coefficient de minéralisation de la matière organique (aussi influencé par le mode de gestion du sol) et le coefficient d'humification des couvertures végétales (qui dépend également du type de résidus).

Ainsi, en dessous d'un certain seuil de restitution de biomasse au sol, les systèmes ne permettent pas de maintenir le taux de matière organique du sol et sa fertilité (ou de les améliorer, quand on part de niveaux très bas). La faible production et/ou restitution de biomasse (aérienne et/ou racinaire) engendre aussi des contraintes qui peuvent conduire à une faible rentabilité, voire même une perte de rendement (mauvais contrôle des adventices par un paillage insuffisant, etc.).

A l'inverse, quand les restitutions sont supérieures à ce seuil, le sol s'enrichit progressivement, et ce d'autant plus vite que la quantité de biomasse restituée est élevée.

Dans la pratique, cela a quatre incidences majeures sur la gestion de la biomasse en SCV :

- dans les climats tempérés ou très secs, le potentiel de production de biomasse est limité (par les températures ou l'eau), mais les besoins en biomasse pour maintenir la matière organique du sol sont plus faibles que dans un climat chaud et humide, à forte minéralisation (et potentiel de production très élevé). De la même manière, il est plus difficile de produire de la biomasse en partant d'un sol dégradé, pauvre en matière organique, mais la biomasse à apporter pour améliorer ses caractéristiques est moins importante que sur un sol riche en matière organique, car les pertes par minéralisation y sont moindres ;

- en fonction du climat, du sol, de l'intensité d'utilisation des terres (et donc du potentiel de production de biomasse supplémentaire) et de la pression sur cette biomasse (besoins de fourrages, etc.) la mise en œuvre de systèmes SCV est plus ou moins difficile. Plus la pression est élevée et/ou plus le potentiel de production est faible, plus il est difficile de faire fonctionner les systèmes SCV dans de bonnes conditions et moins ils sont attractifs sans l'utilisation de fumures additionnelles minérales ou organiques, qui permettent de "booster" la production de biomasse. Cette fumure pourrait faire l'objet de subventions, pouvant être considérée comme un investissement dans le "capital sol" au même titre qu'un aménagement agricole. A l'inverse, quand la pression sur la biomasse est faible ou le potentiel de production élevé, ces systèmes sont simples à mettre en œuvre et particulièrement efficaces ;

Le modèle Hénin-Dupuis (1945)

Le modèle de Hénin-Dupuis est un modèle simple, à deux compartiments (humus stable et matière organique fraîche) de la dynamique de la matière organique, qui permet de prévoir son évolution dans le temps (dC/dt) qui est fonction :

- de la quantité de matière organique fraîche apportée (A) ;
- de son taux de transformation en humus stable (K_1, coefficient d'humification qui dépend essentiellement du climat, de la qualité de la matière organique fraîche, et du sol) ;
- du stock initial de carbone dans le sol (C) ; et
- de son taux de minéralisation (K_2, coefficient de minéralisation qui dépend avant tout du climat, du sol et de son mode de gestion).

Ainsi, la variation du taux de carbone (matière organique) dans le sol $dC/dt = K_1A$ (les apports) - K_2C (les pertes par minéralisation).

Pour maintenir le taux de matière organique du sol (pas de variation donc $dC/dt=0$) les apports doivent permettre de couvrir les pertes ($K_1A=K_2C$). Ainsi, plus le stock de carbone initial du sol est élevé et plus la minéralisation est rapide (K_1 élevé des climats chauds et humide et/ou des systèmes avec travail du sol), plus la quantité de matière organique fraîche à apporter est élevée.

Si $K_1A<K_2C$, les apports ne permettent pas de compenser les pertes et le système "sol" perd de la matière organique et se dégrade. A l'inverse, si $K_1A>K_2C$, le système accumule de la matière organique, avec tous les effets bénéfiques qui y sont associés.

Principe de gestion de la biomasse

Le principe de gestion de la biomasse en SCV est simple : accumuler un maximum de biomasse (aérienne et racinaire) les premières années, pour remonter rapidement la fertilité des sols et assurer diverses fonctions.

Une fois que la fertilité (accumulée dans la biomasse et le sol) a atteint un niveau que l'on juge satisfaisant, on peut se satisfaire de ne restituer au sol qu'une biomasse suffisante pour compenser les pertes par minéralisation et assurer le contrôle des adventices. La biomasse produite (en quantité sur des sols redevenus fertiles) peut alors être en partie exportée pour l'alimentation des animaux ou la "recharge" en biomasse de nouvelles parcelles SCV.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Adaptation des systèmes au milieu et à la pression sur la terre et la biomasse

Type de milieu			Intensité de l'utilisation des sols et besoins en fourrages		
			Faibles	Moyens	Forts
Longueur de la saison de culture (Précipitations + régime hydrique) x Température	Longue (> 9 mois)	Sans saison froide Côte Est	Successions intra-annuelles et inter-annuelles (et associations) **Facile à gérer**	Successions intra-annuelles et inter-annuelles (et associations) **Assez facile à gérer**	Associations, successions intra-annuelles et inter-annuelles **Assez difficile à gérer***
		Avec saison froide Hautes terres	Successions inter-annuelles, associations (et successions intra-annuelles) **Assez facile à gérer**	Associations, successions inter-annuelles (et intra-annuelles) **Assez difficile à gérer***	Associations, successions inter-annuelles (et intra-annuelles) **Difficile à gérer***
	Moyenne (5 à 9 mois)	Moyen-Ouest et Lac Alaotra	Successions inter-annuelles et associations **Facile à gérer**	Associations et successions inter-annuelles **Assez facile à gérer**	Associations et successions inter-annuelles **Assez difficile à gérer***
	Courte (< 5 mois)	Sud-Ouest et Grand Sud	Successions inter-annuelles (et associations) **Assez facile à gérer**	Associations et successions inter-annuelles **Assez difficile à gérer***	Associations et successions inter-annuelles **Difficile à gérer***

* **"Assez difficile ou difficile à gérer"**: Leur mise en œuvre demande une bonne maîtrise technique. Les améliorations par les SCV sont lentes (d'autant plus que les sols sont dégradés). La diffusion des SCV dans ces conditions demande un accompagnement des paysans sur plusieurs années (temps d'apprentissage par les paysans et de "mise en route" des SCV), des mesures de protection de la biomasse (arrêt de la vaine pâture, clôtures, etc.) et la subvention éventuelle d'engrais pour réduire le temps d'entrée dans les systèmes SCV.



Forte biomasse racinaire des graminées

• dans tous les cas, et d'autant plus que la pression sur la biomasse est forte, pour "amorcer la pompe" des systèmes SCV il est nécessaire, les premières années, de produire une très forte biomasse et de la restituer autant que possible au sol. Les parcelles s'améliorent ainsi d'année en année. Une fois la fertilité restaurée, le gain de production de biomasse permet de ne restituer au sol que la quantité nécessaire au maintien (ou à l'amélioration lente) de la fertilité du sol, et d'exporter le supplément pour les animaux (ce qui peut représenter une quantité exportable supérieure à ce qui aurait été produit au total avant l'amélioration des sol) ;

• en cas de production de biomasse insuffisante les premières années (ou de fortes exportations pour les animaux, par un feu non maîtrisé, etc.), ne permettant pas de couvrir les pertes par minéralisation et d'augmenter le taux de matière organique du sol, il est nécessaire de "recharger" la parcelle en biomasse pour atteindre un seuil permettant l'amélioration du sol. Si aucune biomasse végétale n'est disponible aux alentours de la parcelle, il est préférable de concentrer la biomasse disponible sur une partie seulement de la parcelle afin de permettre son amélioration, et de recommencer une année de préparation des SCV (avec travail du sol) sur la partie dont la biomasse aura été enlevée.

La biomasse racinaire

L'apport de biomasse par les racines est difficile à mesurer, d'autant plus que les contributions des très petites racines (qui se renouvellent rapidement) et des produits de la rhizodéposition sont importantes.

Dans tous les cas, la production de biomasse par les racines est considérable. Elle représente souvent plus de 50 % de la production totale et peut dépasser 5 à 10 t/ha/an de matière sèche chez les graminées.

Cette biomasse racinaire est protégée dans le sol où elle est à l'abri du bétail (et est ainsi entièrement restituée au sol), et se minéralise lentement.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Les besoins en biomasse pour compenser les pertes

Pour un pilotage efficace de la fertilité des sols, il est utile d'estimer les besoins en biomasse à restituer pour compenser les pertes par minéralisation. Ces besoins sont fonction principalement :

- du climat qui détermine largement le coefficient de minéralisation K_2 ;
- du type de biomasse, à travers le coefficient d'humification K_1 ;
- du stock initial de matière organique du sol (C).

Si les apports de biomasse (aérienne + racinaire) se font avec un mélange de graminées et de légumineuses au ratio C/N moyen (et donc avec un coefficient d'humification moyen), et qu'on part d'une parcelle ayant un taux de matière organique "moyen" dans la zone considérée, on peut estimer que :

- sur les hautes terres malgaches, où les basses températures limitent la minéralisation, les besoins en biomasse pour compenser les pertes en carbone dans les sols (à 3 à 4% de matière organique) sont de 7 à 9 t/ha/an de matière sèche en semis direct sans travail du sol (alors qu'il en faut plus de 12 t/ha avec un travail du sol qui engendre des pertes plus importantes par minéralisation et érosion). Une restitution au sol au delà de 9 t/ha permet l'accumulation de carbone et l'amélioration des sols. A l'inverse, une restitution inférieure à 7-9 t/ha/an (en semis direct) ou 12 t/ha/an (avec travail du sol) conduit à une perte de matière organique du sol et ce d'autant plus vite que la quantité restituée est faible ;
- ce seuil moyen est assez proche dans les climats semi-arides du Sud et du Sud-Ouest où la minéralisation est limitée par la longue saison sèche et où le taux de matière organique du sol est assez bas (2 à 2,5 %) ;
- il est en revanche supérieur à moyenne altitude comme au lac Alaotra (10-12 t/ha/an, sans perturbation du sol, avec 2 à 2,5% de matière organique au départ) et surtout dans le climat très chaud et humide du Sud-Est malgache où 13 à 17 t/ha/an de biomasse sont nécessaires pour maintenir le stock de carbone du sol, élevé au départ (4 à 5 % de matière organique).

Si on part de sols très dégradés (moins de 1% de matière organique), les apports nécessaires pour maintenir leur niveau de matière organique sont beaucoup plus faibles (moins de 2 t/ha de matière sèche peuvent être suffisants à maintenir un niveau très bas de matière organique, dont la fraction stable domine). Il est cependant peu satisfaisant de se contenter de maintenir de tels niveaux de matière organique, qui ne permettent pas la production agricole. Les niveaux d'apports mentionnés ci-dessus sont alors intéressants pour accroître la fertilité de ces sols.

La gestion de la biomasse doit également se faire à l'échelle du terroir, en utilisant autant que possible les zones non cultivées (terres considérées incultes, bordures des parcelles, talus, etc.) pour augmenter la production totale de biomasse. L'amélioration des pâturages naturels permet également d'augmenter la production totale de biomasse au niveau d'un terroir. Cette biomasse peut être utilisée pour "renforcer" les couvertures des parcelles qui en auraient besoin pour une bonne conduite en SCV, pour alimenter les animaux (réduisant ainsi la pression sur la biomasse des parcelles cultivées) ou encore pour servir de combustible pour un éventuel écobuage.

Quand, à l'inverse, la production de biomasse est très importante, elle peut gêner la mise en place des cultures (comme dans des biomasses de brachiaria de plus de 15-20 t/ha), en particulier dans des systèmes mécanisés. Il s'agit alors de la gérer afin de rendre le semis plus facile. On peut en particulier la faucher et l'exporter pour les animaux, voire même la brûler dans les situations extrêmes (le feu ne détruisant totalement que les organes les plus tendres à C/N bas comme les feuilles, mais épargnant en grande partie les tiges plus ou moins lignifiées à C/N élevé, c'est à dire la matière sèche dominante qui va participer à la formation de l'humus).

Les besoins en biomasse pour augmenter la matière organique du sol

Un différentiel "apports de biomasse – pertes par minéralisation" de 1 t/ha de matière sèche (soit 450 kg de C) permet de gagner moins de 100 kg/ha de carbone dans le sol (pour un coefficient d'humification assez élevé de 0,22).

Pour augmenter le taux de matière organique du sol de 1 % sur les 20 premiers centimètres de sol (qui représentent environ 2 000 tonnes de terre par hectare), il faut apporter 20 t/ha de matière organique au sol, soit 11,6 t/ha de carbone (1 kg de carbone équivaut à environ 1,72 kg de matière organique), ce qui correspond à un apport de plus de 50 à 100 t/ha de carbone dans la biomasse (pour respectivement un coefficient d'humification élevé de 0,22 ou faible de 0,11) soit plus de 100 à 200 t/ha de matière sèche (en plus de ce qu'il faut pour compenser les pertes par minéralisation).

Des systèmes SCV relativement performants qui sequestrent plus d'une tonne de carbone/ha/an effectuent ce travail en une dizaine d'année (4 à 5 ans pour les systèmes les plus performants, avec très forte production de biomasse).

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

2. Gestion de la fertilité en SCV

2.1. Restaurer la fertilité

Dans le mode de fonctionnement du sol en semis direct sur couverture végétale permanente, les éléments nutritifs sont concentrés dans la biomasse/litière/horizon superficiel, stockés sous forme organique et libérés régulièrement par la minéralisation dans un sol vivant. Gestion de la fertilité et gestion de la biomasse vont de pair.

Lors des premières années de transition des techniques traditionnelles vers le semis direct, il est nécessaire de restaurer aussi vite que possible la fertilité du sol, et de produire la biomasse qui constituera la litière et enrichira le sol en matière organique.

La restauration de la fertilité peut se faire par :

- mobilisation des éléments fertiles présents dans le sol (ou l'air) mais peu accessibles naturellement aux cultures ;
- apports d'éléments fertilisants à la parcelle.

La mobilisation des éléments fertiles du sol (en liaison avec l'activité biologique) peut se faire :

- rapidement, par une oxydation forte lors d'un écobuage qui consiste en une combustion lente, à basse température, d'une partie de la matière organique du sol (matière organique très acide et peu active, qui immobilise les éléments minéraux) ;
- progressivement, par l'utilisation de "pompes biologiques", c'est à dire de plantes capables :
  - de s'enraciner profondément et de recycler les éléments nutritifs lixiviés hors d'atteinte des racines des cultures ;
  - de mobiliser des éléments nutritifs fixés dans le sol sous forme peu soluble (en interaction avec la microflore) ;
  - de fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec des bactéries associées dans les nodosités (légumineuses) ou libres (comme pour l'éleusine). L'utilisation de légumineuses dans les systèmes de culture est fondamentale les premières années, quand le niveau de matière organique est encore bas et l'activité biologique faible. L'alimentation des cultures dépend alors largement de la fixation d'azote par ces plantes, qui ont aussi l'intérêt de favoriser l'activité biologique (les mycorhizes et particulier, qui augmentent les capacités d'absorption par les plantes).

L'utilisation de "pompes biologiques" se réalise à très faible coût/travail mais nécessite du temps. A l'inverse, l'écobuage a un effet marqué immédiat mais nécessite un travail important et la disponibilité d'une importante biomasse pour la combustion. Il doit être valorisé par des cultures à forte valeur ajoutée (comme la pomme de terre).

Les apports à la parcelle d'éléments fertilisants peuvent se faire :

- sous forme organique : transport de biomasse prélevée hors de la parcelle ou apport de fumier/lisier, généralement à faible coût, mais pouvant faire face à des problèmes de disponibilité ;
- sous forme d'engrais minéraux (et d'oligo-éléments si nécessaire), avec un effet immédiat très net mais à un coût important, et donc avec un risque à prendre en considération.

Utilisation des "pompes biologiques"

L'utilisation des"pompes biologiques" est un moyen efficace et très peu coûteux pour rétablir la fertilité d'un sol. Par leur aptitude à extraire les éléments nutritifs du sol peu disponibles et/ou recycler ceux lixiviés en profondeur, ces plantes sont capables de produire une forte biomasse même sur des sols impropres à de nombreuses cultures. Une fois extraits du sol et concentrés dans la biomasse, ces éléments sont minéralisés et deviennent utilisables par les cultures.

La gestion de la fertilité ainsi récupérée est cependant fondamentale. Si la biomasse produite n'est pas restituée au sol ou si les exportations par les cultures (et les fourrages) ne sont pas compensées par des apports d'engrais (organiques ou minéraux), la fertilité du système ne peut pas être maintenue. Une telle utilisation "minière" des "pompes biologiques" a des conséquences catastrophiques. Elle conduit à un épuisement total des sols dont le niveau de fertilité tombe si bas que même les "pompes biologiques" ne pourront plus être utilisées. Ce risque est particulièrement important dans les zones d'élevage laitier où ces plantes, qui sont aussi d'excellents fourrages, sont souvent perçues avant tout comme une possibilité d'augmenter la production fourragère à moindre coût. Les effets à moyen terme d'une telle pratique de surexploitation doivent absolument être bien assimilés pour permettre une bonne gestion de la fertilité dans ces situations.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Ces différentes méthodes pour restaurer la fertilité peuvent/doivent être combinées en fonction des moyens disponibles (capacité d'investissement en capital et travail, possibilité d'immobiliser la terre sans production alimentaire, etc.), des risques supportables, des cultures à mettre en place et de la fertilité initiale du sol.
Une faible pression foncière offre aux "pompes biologiques" le temps nécessaire pour une forte production de biomasse et simplifie fortement la diffusion des SCV. A l'inverse, une forte pression sur la terre ne permet pas d'immobiliser des parcelles pour leur régénération. Dans ce cas :

- les "pompes biologiques" doivent être associées à des cultures peu exigeantes pour permettre une régénération progressive de la fertilité, ce qui demande une gestion fine des systèmes ; ou
- la fertilité doit être rapidement remontée par des apports d'engrais et/ou un écobuage, avec les risques que comporte un tel investissement.

Restauration de la fertilité en fonction de l'état de dégradation des sols et des moyens disponibles

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Moyens disponibles</th><th colspan="3">Etat de dégradation du sol</th></tr>
<tr><th>Peu dégradé,
assez fertile</th><th>Dégradé</th><th>Très dégradé</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Espace / temps disponibles (faible pression sur la terre)</td><td>Investissements à risque possibles</td><td>Apports d'engrais
"Pompes biologiques"
(Ecobuage)
Toutes cultures
Très facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
Apports d'engrais
Ecobuage
Toutes cultures
Facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
(Apports d'engrais)
Mise en culture
après plusieurs années
Assez difficile à gérer*</td></tr>
<tr><td>Investissements sans risque possibles</td><td>Apports d'engrais
"Pompes biologiques"
(Ecobuage)
Toutes cultures
Très facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
Ecobuage
(Apports d'engrais)
Toutes cultures
Facile à gérer</td><td rowspan="3">"Pompes biologiques"
Mise en culture après de nombreuses années
Difficile à gérer*</td></tr>
<tr><td>Investissement en travail possible</td><td>"Pompes biologiques"
Ecobuage
Toutes cultures
Facile à gérer</td><td>Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Assez facile à gérer</td></tr>
<tr><td>Investissements impossibles</td><td>"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
Cultures peu exigeantes
Assez facile à gérer</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Espace / temps non disponibles (forte pression sur la terre)</td><td>Investissements à risque possibles</td><td>Apports d'engrais
Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Très facile à gérer</td><td>Apports d'engrais
Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Assez facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
Cultures peu exigeantes
Non rentable à court terme
Très difficile à gérer*</td></tr>
<tr><td>Investissements sans risque possibles</td><td>Apports d'engrais
Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Facile à gérer</td><td>Ecobuage
"Pompes biologiques"
(Apports d'engrais)
Toutes cultures
Assez difficile à gérer*</td><td rowspan="3">Non rentable à court terme
Investissement à long terme
Aménagement de protection des zones en aval
Impossible sans subvention</td></tr>
<tr><td>Investissement en travail possible</td><td>Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Assez facile à gérer</td><td>Ecobuage
"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Assez difficile à gérer*</td></tr>
<tr><td>Investissements impossibles</td><td>"Pompes biologiques"
Toutes cultures
Assez facile à gérer</td><td>"Pompes biologiques"
Cultures peu exigeantes
Difficile à gérer*</td></tr>
</table>

* **"Assez difficile, difficile ou très difficile à gérer"** sans apport de fumure de correction conséquente au départ. Adoption des SCV difficile sans engrais subventionnés la première année.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Dans tous les cas, l'investissement consenti dans la restauration de la fertilité du sol doit permettre de garantir une forte production de biomasse, pour préparer le semis direct les années suivantes. Il faut pour cela que les cultures et plantes de couverture associées soient adaptées au niveau de fertilité du sol (niveau de fertilité initial compensé par les apports). Sur un sol très fortement dégradé, la fertilisation des "pompes biologiques" peut être nécessaire. Sur un sol moyennement dégradé, la culture d'une plante exigeante (comme le riz ou le maïs) ne doit se faire qu'après restauration par d'autres plantes ou avec des apports fertilisants importants (et donc coûteux et risqués). Un apport de fertilisation minérale (y compris les oligo-éléments) insuffisant, ne permettant qu'une remontée partielle de la fertilité pour la culture d'une plante exigeante peut avoir des conséquences désastreuses pour un exploitant. Les coûts importants risquent de ne pas être rentabilisés à court terme par la culture, et la production de biomasse risque d'être insuffisante pour une conduite aisée en SCV l'année suivante (ne permettant pas une rentabilisation à moyen terme de l'investissement). Sur des sols moyennement ou peu fertiles, la culture de plantes exigeantes impose donc un niveau de fertilisation important la première année. En revanche, une fois le semis direct fonctionnant correctement, sur une forte biomasse, les apports de fertilisation peuvent être réduits. Sur un plan agronomique (et économique à moyen terme), la meilleure solution consiste à concentrer les apports de fertilisants la première année, de produire une forte biomasse, puis de réduire la fertilisation les années suivantes. Cette pratique est beaucoup plus performante que l'apport d'une fertilisation moyenne plusieurs années de suite, qui ne permet pas l'obtention de la biomasse "critique" pour une entrée rapide dans des systèmes SCV fonctionnant convenablement. Il est donc préférable d'apporter par exemple 300 kg/ha de NPK la première année puis 100 kg/ha les 3 années suivantes plutôt que 150 kg/ha quatre années de suite. Si les moyens disponibles ne permettent pas cet investissement de départ nécessaire sur des sols dégradés, il est préférable de cultiver des plantes moins exigeantes (haricot, avec éventuellement une fertilisation faible, pois de terre ou manioc), associées à des "pompes biologiques"qui produiront une forte biomasse. On prépare ainsi les parcelles pour un semis direct dans de bonnes conditions, rendant possible la culture de plantes exigeantes avec des moyens limités l'année suivante.

Rentabilité de l'investissement

La rentabilité à court terme des pratiques SCV dépend largement du niveau de dégradation du sol. Des sols peu ou pas dégradés permettent une forte production de biomasse avec peu d'intrants et valorisent rapidement un éventuel investissement dans la fertilisation, avec des cultures exigeantes mais à forte valeur. La transition du traditionnel vers le semis direct y est rapide et aisée. A l'inverse, des sols dégradés nécessitent un investissement plus important dans la fertilité, avec une rentabilité plus aléatoire (et donc un risque beaucoup plus important). Au delà d'un certain seuil de dégradation du sol, la restauration de la fertilité nécessite du temps et des investissements très importants qui ne peuvent être rentabilisés à court terme. L'investissement dans la fertilité de ces sols doit être considéré (et géré) comme un investissement à long terme dans un aménagement qui permet, par la suite, d'entretenir une production durable. L'adoption des pratiques SCV dans ces conditions est nettement plus compliquée et dépendante de la maîtrise de facteurs de productions à une échelle supérieure à la parcelle. Il est beaucoup plus simple de réaliser la transition vers les SCV avant que ce seuil de dégradation ne soit atteint.

2.2. Entretenir la fertilité des systèmes SCV installés

Une fois la fertilité accumulée dans la biomasse, la litière et l'horizon superficiel du sol, la gestion de la fertilité dans les systèmes SCV se réduit à entretenir cette fertilité, et à assurer un turn-over rapide de la matière organique (par une production régulière de biomasse de qualité variée).

L'entretien de cette fertilité se fait par :

- l'utilisation dans les systèmes de culture de plantes fixatrices d'azote et/ou favorisant le développement de mycorhizes ;
- le recours aux "pompes biologiques", pour limiter les pertes par lixiviation (en particulier lors des périodes sensibles) et solubiliser les éléments qui pourraient être immobilisés dans le sol ; et
- la compensation des pertes (essentiellement les exportations par les grains, tubercules ou fibres, et éventuellement les pailles), par l'apport d'engrais minéraux et/ou organiques.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

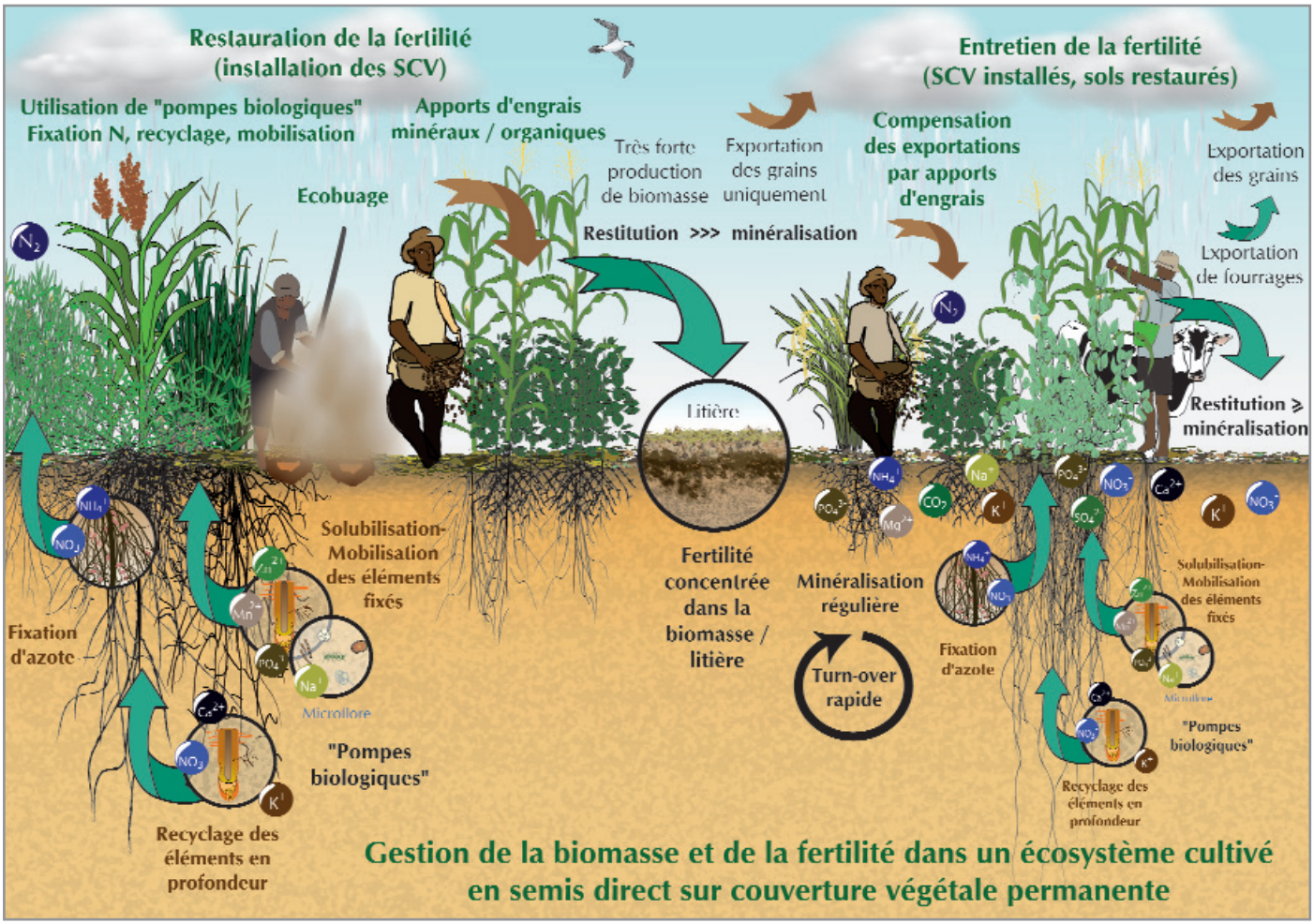
Un calcul simple, sur la base des quantités récoltées et des fourrages exportés et des teneurs moyennes en éléments des diverses plantes, permet d'évaluer les quantités exportées et de les compenser par un apport équivalent en engrais la saison suivante (cf. Volume II. Chapitre 2.).

La principale difficulté réside dans la nécessité d'anticiper une chute de la production de biomasse, pour éviter qu'elle se produise. Une production insuffisante de biomasse, qui ne permet pas de couvrir les pertes, risque en effet de "désamorcer" les systèmes SCV et de rendre difficile le "pilotage" de ces systèmes pour relancer la production.
En l'absence de moyens d'analyse (très coûteux), le "pilotage" au champ, pour éviter de "miner" la fertilité restaurée peut se faire par :

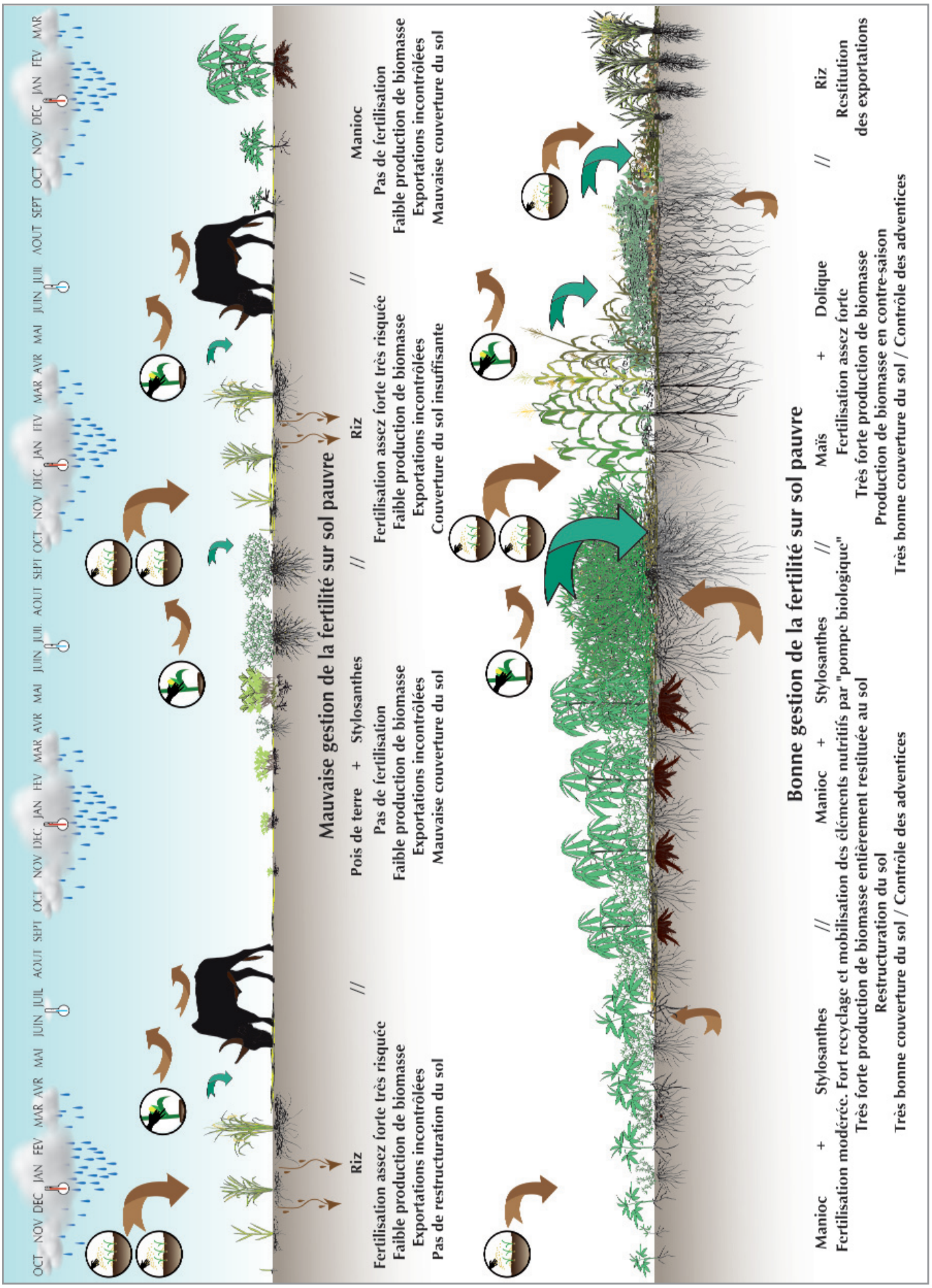


Apport localisé de fumier et d'engrais minéral sur les poquets

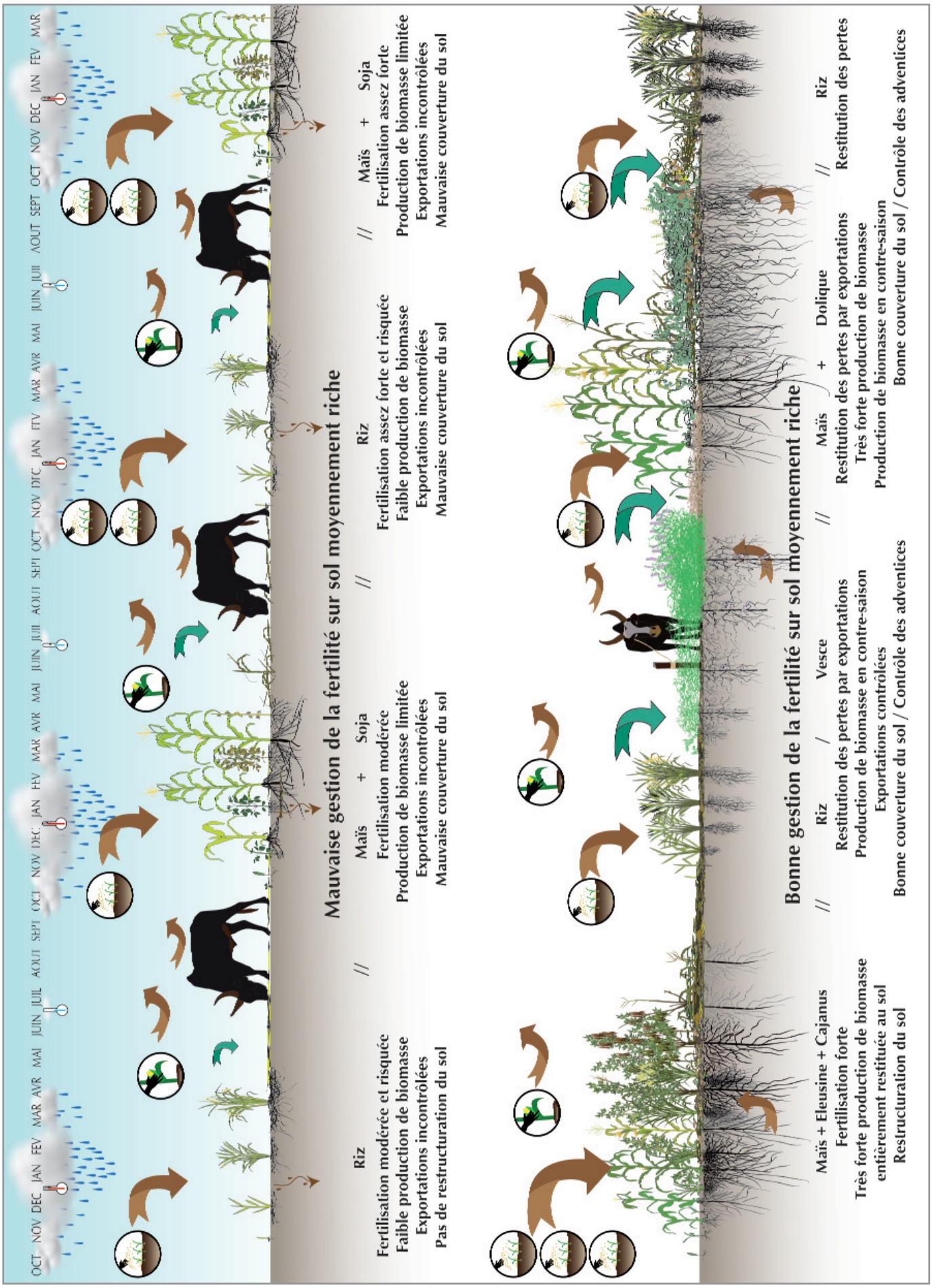
- le suivi précis de l'évolution des rendements et l'observation des signes de manques sur les cultures les plus exigeantes (baisse de rendement inexpliquée, symptômes de carences, etc.), indiquant que le système est en train de "décrocher" et que la fertilisation apportée n'est pas suffisante ;
- la mise en place dans les cultures de "témoins" où la densité des plantes est fortement augmentée (doublée). Avec une telle densité, les prélèvements par les plantes sont plus importants que dans la parcelle "normale" et les signes de carence y apparaîssent avant que la culture semée à densité normale n'en souffre. A l'apparition de ces symptômes de carence sur le témoin, il est possible de compléter la fertilisation de la parcelle avant que la culture ne subisse une perte de rendement (technique simple de prévention).



La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

2.3. Comment apporter la fertilisation minérale et/ou organique

Fertiliser la culture ou fertiliser les "pompes biologiques" ?

Lorsque culture et plantes de couverture sont associées, la localisation de l'engrais au pied de la culture principale peut permettre de gérer les risques de compétition entre plantes, en favorisant la culture commerciale.
De manière générale toutefois, l'apport de fertilisation à une culture, que ce soit de manière localisée ou de manière répartie sur tout le champ, bénéficie aussi aux plantes de couverture. Ces "pompes biologiques" valorisent particulièrement bien l'engrais qui leur permet de produire une très forte biomasse, et elles contribuent en retour au bon fonctionnement des systèmes SCV et à l'alimentation des cultures suivantes, après minéralisation de cette biomasse.

Lorsque les cultures et les plantes de couverture sont cultivées en succession, les "pompes biologiques" bénéficient de l'arrière effet de la fertilisation apportée sur la culture principale. Les premières années de transition des systèmes traditionnels vers les systèmes SCV, l'apport de fertilisation majoritairement à la culture (au minimum 2/3 de la fertilisation normale sur la culture, et 1/3 sur la plante de couverture) est indispensable (d'autant plus que les sols sont pauvres). Par contre, une fois les systèmes SCV installés et fonctionnant sur une forte biomasse/litière il est possible d'obtenir une meilleure valorisation des engrais minéraux en les apportant majoritairement (2/3) aux "pompes biologiques". Ces "pompes biologiques" vont transformer cet engrais minéral en engrais organique qui sera ainsi stocké et libéré progressivement pour la culture principale, qui sera alimentée de manière plus régulière. Cependant, les conditions d'accès au crédit dans le cadre d'une petite agriculture familiale (taux d'intérêt, durée des prêts accordés, garanties demandées) sont souvent très contraignantes. La mise en application de ce principe de gestion pour l'optimisation agronomique des apports d'engrais minéraux est difficile dans ces conditions. De plus, l'ajustement de la fertilisation aux conditions climatiques de la campagne, ou à des accidents, ne peut porter que sur la partie des engrais qui n'a pas encore été appliquée.



Forte production de brachiaria fertilisé sur sol dégradé

Eviter les blocages d'azote

Sur un paillage pauvre en azote (sans légumineuse), les processus de minéralisation (qui à terme vont libérer de l'azote soluble) peuvent entraîner dans un premier temps une importante immobilisation de l'azote (utilisé par les bactéries). Une céréale (ou du cotonnier), installée dans une telle couverture, risque de subir une forte "faim d'azote" en début de cycle, très préjudiciable à son développement. Pour éviter ce phénomène, on peut :

- préparer des couvertures à base de légumineuses si l'on souhaite mettre en place une culture de céréale ou de cotonnier ;
- contrôler la couverture plusieurs semaines avant la mise en place de la culture, ce qui permet d'obtenir une libération d'azote au moment des semis qui ont ainsi lieu alors que les processus de minéralisation sont avancés.

Il n'est cependant pas toujours possible de traiter une telle couverture à temps, et on doit alors :

- effectuer un apport d'azote (30 à 50 kg N/ha) au semis, indispensable pour toutes les cultures de céréales ou de cotonnier sur un paillage de graminées qui amorce sa décomposition.

3. Gestion de la structure du sol en SCV

Sur des sols compactés, l'installation de systèmes SCV performants passe par une décompaction rapide du sol. En année "zéro" de préparation des SCV, le recours à la décompaction mécanique en profondeur (sous solage) nécessite un matériel spécifique et est très coûteux. Il ne peut être envisagé que pour des cultures à très forte valeur ajoutée. Il est préférable d'uti-

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

liser des plantes de couverture capables de remplir cette fonction rapidement (comme l'éleusine, les brachiarias, le cynodon ou le sorgho), installées en année "zéro" de préparation des SCV (souvent après labour). Ces plantes, par la puissance de leur système racinaire et leur aptitude à favoriser le développement d'une activité biologique intense permettent au sol de retrouver rapidement une structure favorable. Leur forte production de biomasse permet également d'alimenter les processus de stockage de matière organique et d'agrégation, nécessaires à la constitution durable d'une bonne structure.
Le temps que le sol ait été décompacté par les plantes restructurantes, il est préférable de n'installer en association avec ces plantes que des cultures qui tolèrent la compaction, soit du fait d'un système racinaire puissant, soit parce qu'elles se contentent d'un enracinement superficiel. Plus le climat est contraignant, plus il est risqué de mettre en place en année "zéro" des plantes exigeantes comme le riz, qui demande une bonne macroporosité et a des besoins importants en eau.



Restructuration du sol par les systèmes racinaires puissants et l'activité biologique Maïs sur desmodium

Par la suite (sur des systèmes SCV installés), toutes les cultures sont possibles. La forte activité biologique, la recharge en carbone du sol et la couverture végétale (rôle de protection) contribuent à conserver au sol une bonne structure. Certaines associations/successions de cultures ne sont cependant pas toujours suffisantes pour maintenir durablement une structure favorable. Dans une telle situation, la tentation de recourir au labour est souvent forte, mais présente de très nombreux inconvénients : il fait perdre rapidement les nombreux bénéfices obtenus par plusieurs années sans perturbation du sol. Il est beaucoup plus efficace d'insérer régulièrement (tous les 2 à 5 ans) des plantes à fort pouvoir restructurant dans les systèmes de culture.

4. Gestion des adventices en SCV

La gestion des adventices est un point crucial les premières années, durant la transition entre pratiques conventionnelles et systèmes en SCV. Quand la production de biomasse est insuffisante (en particulier les premières années, sur des sols peu fertiles) pour assurer une bonne couverture du sol, la tentation est souvent forte (lorsqu'on manque d'expérience dans la gestion de ces systèmes) de labourer de nouveau. Il faut absolument éviter ce retour au labour et pour cela mettre en œuvre des pratiques (sans travail du sol) qui permettent un bon contrôle des adventices (vivaces et annuelles) durant les années de transition. Le choix des cultures et plantes associées au départ doit tenir compte de la flore présente, et viser à produire une forte biomasse pour contrôler cette flore, en utilisant éventuellement les propriétés allélopathiques des couvertures. Dans tous les cas, la première étape consiste à contrôler les plantes vivaces.

4.1. Contrôle des plantes vivaces en année "zéro"

Une plante vivace déjà installée porte fortement concurrence à une plante annuelle (culture), même si elle a été fauchée ou labourée (en particulier les plantes à rhizomes et/ou stolons) :

- son redémarrage de végétation est en général plus rapide que celui de la plante annuelle par graine, ce qui fait que la plante vivace domine rapidement la culture ;
- son système racinaire est souvent plus puissant et profond que celui de la plante annuelle, ce qui crée une compétition forte pour l'eau et les éléments nutritifs.

De plus, le sarclage de ces plantes vivaces pendant la culture est difficile et leur contrôle chimique nécessite l'emploi d'herbicides sélectifs spécifiques (très coûteux et/ou non disponibles à Madagascar). Il est donc indispensable de contrôler les plantes vivaces avant l'installation de la culture.



Installation de niébé dans du Cynodon dactylon *contrôlé à l'herbicide*

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Pour l'utilisation en couverture vive (haricot ou niébé sur cynodon par exemple), le contrôle se fait généralement par utilisation d'herbicide total à dose réduite (Cf. Volume II. Chapitre 2.). L'objectif est de freiner la croissance de la plante vivace pendant un temps suffisant (45 jours environ) pour permettre à la culture de se développer et de dominer la couverture vive, mais sans tuer cette dernière pour qu'elle se redéveloppe naturellement après la récolte de la culture principale.
Pour l'installation de systèmes SCV sur couverture morte (ou de systèmes sur couverture vive mais avec une autre plante pérenne), les plantes vivaces doivent être totalement contrôlées. Ce contrôle (cf Volume II. Chapitre 2.) se fait par :

- application d'herbicide total à forte dose (de préférence en fin de saison des pluies précédente, sur des plantes en végétation active avant floraison et qui devront traverser la saison sèche) ;
- labour en début de saison sèche, couplé ou non avec application d'herbicides totaux à faible dose, puis nouveau(x) labour(s) et arrachage des plants qui auraient pu survivre.

Pour des plantes vivaces particulièrement résistantes (*Cynodon dactylon,Cyperus rotundus, Imperata cylindrica*, etc.), le contrôle peut être complété par la mise en place de plantes particulièrement efficaces pour nettoyer les parcelles, comme la vesce, la mucuna ou le stylosanthes.

Une fois les adventices vivaces éliminées de la parcelle, la réinfestation est évitée par contrôle manuel ou application localisée d'herbicide total sur d'éventuelles repousses (avant qu'elles n'aient pu produire des graines). La gestion des adventices sous SCV installés se limite donc essentiellement à la gestion des adventices annuelles.

4.2. Contrôle des adventices annuelles

En année "zéro" de préparation des SCV, le contrôle des adventices annuelles se fait essentiellement par labour et utilisation d'herbicides si nécessaire (cf. Volume II. Chapitre 2.). Les associations de cultures mises en place doivent permettre de réduire la pression des adventices. En revanche, elles compliquent l'utilisation d'herbicides sélectifs. Si le contrôle par les couvertures est insuffisant en année "zéro" et que les associations ne permettent pas l'utilisation d'herbicide sélectif, le contrôle de ces adventices se fait par sarclage ou de préférence par arrachage manuel, ce qui exige un travail considérable. Quand la pression des adventices est forte, il est donc préférable d'installer en premier lieu une culture facile à désherber (comme le maïs ou le sorgho), associée à des plantes qui couvrent rapidement le sol (légumineuse volubile par exemple) et/ou ont des effets allélopathiques marqués (comme l'avoine). L'itinéraire technique peut aussi être adapté pour contrôler au mieux les adventices annuelles : forte densité pour couvrir rapidement le sol, semis très précoce, variétés à cycle court, etc. Certaines adventices aux caractéristiques particulières et qui peuvent être de véritables pestes végétales (comme le striga) peuvent être contrôlées par des systèmes particuliers (cf. Volume V. Chapitre 1.)



Contrôle des adventices par le paillage
Photo : K. Naudin

Les années suivantes, sur SCV installé, le contrôle des adventices annuelles se fait avant tout par la couverture végétale qui, si elle est suffisante, empêche la levée de la plupart des adventices, que ce soit par effet d'ombrage ou par effets allélopathiques des plantes utilisées en couverture. Plus la couverture du sol est alimentée régulièrement et plus les couvertures comportent des plantes "nettoyantes" (capables de dominer les autres), meilleur sera ce contrôle.
En cas d'éventuelles repousses (en particulier si une période sans culture a permis ces repousses), l'application d'un herbicide total à faible dose avant la mise en place des cultures est suffisant pour préparer la parcelle (cf. Volume II. Chapitre 2.). L'absence de travail du sol fait que le stock de graines n'est pas remonté en conditions favorables à la germination. Seules les graines d'adventices produites sur la parcelle le cycle précédent et celles transportées par le vent ou les animaux sont en mesure de germer.
Si la couverture végétale est régulièrement alimentée, en quantité suffisante, la pression des adventices baisse progressivement. Par contre, si la couverture végétale ne couvre plus suffi-

samment le sol (système SCV mal maîtrisé, accident de culture, très fort intérêt économique à exporter la biomasse, etc.), le contrôle des adventices nécessite l'utilisation d'herbicides sélectifs (quand ils sont disponibles) ou l'arrachage manuel de ces adventices (avant mise à graine). Le recours au sarclage est à éviter autant que possible car il entraîne une perturbation du sol, accélère la minéralisation et, en conséquence, réduit encore la couverture végétale et risque d'augmenter la pression des adventices (en plus de faire perdre les acquis agronomiques des années précédentes en SCV). L'entretien de la couverture végétale du sol, qui doit être aussi permanente que possible, est donc un point clef dans la gestion des adventices.



Avoine : plante "nettoyante" aux effets allélopathiques marqués

4.3. Contrôle des plantes de couverture

Pour éviter qu'une plante de couverture ne devienne une adventice indésirable, sa gestion doit être adaptée au système de culture. De manière générale, il ne faut pas laisser les plantes de couverture grainer quand on souhaite remettre les parcelles en culture, sauf :

- dans le cas où on souhaite expressément que la couverture, qui sera tuée pour implanter la culture, puisse se réinstaller naturellement, sans avoir à la ressemer. Ce cas se limite à des plantes au démarrage lent (comme le stylosanthes ou la vesce), qui ne risquent pas d'entrer en compétition avec la culture suivante ;
- si l'on dispose d'herbicide sélectif de la culture à mettre en place, qui contrôle bien la plante de couverture.

Dans tous les autres cas, plus la plante de couverture est "agressive", et plus elle est d'une espèce proche de la culture à mettre en place (ce qui fait qu'elle sera très difficilement contrôlable par utilisation d'herbicide sélectif), plus il sera difficile de la contrôler dans la culture suivante et plus il est important d'éviter de la laisser grainer.

5. Gestion des bioagresseurs en SCV

5.1. Gestion de la faune nuisible

La gestion des insectes et autres animaux nuisibles (limaces, nématodes, etc.) en SCV se fait avant tout par une nutrition équilibrée (ce qui réduit l'accumulation dans les plantes de sucres réducteurs et d'acides aminés libres, très appréciés des insectes) et sur les principes de la lutte intégrée, par :

- l'instauration d'un équilibre écologique, qui permet le développement des populations d'auxiliaires, prédateurs des ravageurs des cultures ;
- l'utilisation de plantes insecticides, nématicides et/ou répulsives dans les systèmes de culture. Plus la pression des nuisibles est forte, plus on cherchera à inclure dans les systèmes des plantes permettant leur contrôle ;
- la création, par les pratiques SCV, d'un environnement favorable au bon développement d'organismes entomopathogènes (*Beauveria sp.*, *Bacillus thuringensis*, etc.) et éventuellement par leur inoculation.

L'instauration d'un équilibre écologique et d'une alimentation équilibrée demande cependant du temps (quelques mois à quelques années en fonction de l'état de dégradation de l'écosystème). Les premières années, le temps qu'un tel équilibre soit atteint, le contrôle des bioagresseurs se fait :

- autant que possible par l'utilisation de cultures peu sensibles aux principaux ravageurs (on peut par exemple commencer par des cultures de légumineuses dans les milieux infestés d'*Heteronychus sp.*) ;
- par l'utilisation raisonnée de pesticides.

Les pesticides (en particulier ceux à large spectre) étant défavorables à l'instauration d'un équilibre écologique, leur utilisation doit être réduite au strict minimum, uniquement en cas

de pression très forte, seulement sur des cultures sensibles, et avec des traitements les moins nuisibles possibles (traitement de semence de préférence, avec des matières actives les plus sélectives possibles, à faible dose). Les traitements du sol, particulièrement nuisibles à sa faune et sa microflore, doivent être évités autant que possible.

5.2. Gestion des virus, bactéries et champignons pathogènes



Riz très sain après stylosanthes
Photo : Rakotondramanana

De la même manière, les principales maladies sont contrôlées en SCV par l'amélioration du statut nutritif des plantes et l'activité de la microflore (sécrétion d'éliciteurs, d'antibiotiques, etc.). Le temps que l'activité biologique du sol soit restaurée, le contrôle des maladies (en particulier les maladies fongiques) se fait avant tout par :

- utilisation d'espèces et de variétés résistantes, en mélanges ;
- des apports de fertilisation fractionnés, sous forme organique autant que possible afin d'éviter les pics d'azote minéral dans le sol (et en conséquence dans les plantes).

L'utilisation de fongicides est, comme pour les autres pesticides, limitée au strict minimum, leur impact sur l'activité de la microflore étant extrêmement négatif. Si la pression fongique est telle qu'un traitement est indispensable, il doit se faire sous la forme la moins néfaste possible (traitement de semence, à faible dose, avec une matière active la plus sélective possible). L'utilisation de pesticides à forte dose, même si elle peut avoir un effet positif à très court terme, a un effet très négatif sur la santé des plantes à moyen terme, du fait de son impact sur l'activité biologique du sol et la physiologie des plantes.

6. Gestion du calendrier de travail et du matériel en SCV

De manière générale, les pratiques SCV et leur diversité offrent une grande souplesse de gestion du calendrier de travail. En SCV, les trois principales charges de travail sont le traitement des couvertures avant semis, les semis et la récolte.

En agriculture manuelle, le traitement des couvertures peut se faire plus ou moins tôt en fonction des contraintes de travail. Il peut en particulier se faire durant la période sèche, quand la charge de travail est en général faible dans les exploitations. De plus, la possibilité de semer les cultures en sec, ou au tout début de la saison des pluies, permet de répartir la charge de travail pour la préparation des parcelles et le semis. Elle rend possible la mise en place très précoce des cultures.

L'équipement nécessaire en petite agriculture familiale est limité à un pulvérisateur à dos (qui peut être partagé par plusieurs exploitations), utile pour les éventuels traitements phytosanitaires ou herbicides.

En agriculture mécanisée, seul le matériel de semis est spécifique aux systèmes SCV, car il doit permettre le semis direct dans la paille. Il existe toute une gamme de semoirs (et de pulvérisateurs) : manuels, en traction animale, en petite et en grande mécanisation. L'absence de labour permet de limiter la puissance nécessaire (et donc l'investissement), et réduit fortement l'usure du matériel et les dépenses de carburant. Le coût de la mécanisation est donc très inférieur en semis direct par rapport à l'agriculture mécanisée conventionnelle.

De plus, la meilleure portance et le ressuyage rapide des parcelles permettent d'entrer dans les parcelles avec du matériel lourd presque à tout moment, en ayant à attendre seulement quelques heures après des grosses pluies. Cela permet en particulier d'optimiser les traitements en les conduisant au meilleur moment.

Enfin, il est possible de récolter une culture tout en semant une autre plante à la volée (adaptation d'un semoir sur la moissonneuse), ce qui permet d'installer des successions de plantes en un minimum de temps, même lors de la période très chargée de la récolte.

La gestion du travail (et des équipements) dans les systèmes SCV se réduit donc à répartir les périodes de forte charge de travail (contrôle des couvertures, semis et récolte) en "jouant" sur les cycles des espèces et variétés à mettre en place au niveau de l'exploitation, pour éviter que les travaux importants ne se chevauchent ou n'entrent en compétition avec d'autres activités.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

7. Intégration agriculture/élevage en SCV

Les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente fonctionnent sur la base d'une optimisation de la production et de la gestion de la biomasse, et privilégient les apports de matière organique. Ils doivent en conséquence être intégrés avec les systèmes d'élevage, en particulier celui des gros animaux (bovins, ovins, caprins, porcins, etc.) qui sont à la fois consommateurs de biomasse, producteurs d'engrais organiques et qui peuvent fournir une force de travail utilisée par les systèmes de culture.

En fonction des situations, et en particulier en fonction des possibilités de production de biomasse et de l'importance des systèmes d'élevage dans les systèmes agraires, l'intégration agriculture-élevage peut se faire plus ou moins facilement, et peut représenter une "porte d'entrée" ou au contraire un frein à la diffusion des techniques SCV. Dans tous les cas, les systèmes SCV doivent être raisonnés en fonction de la place de l'élevage dans l'exploitation, et au niveau des terroirs villageois. Cette adaptation se fait en particulier sur la base du type d'élevage et du mode de gestion communautaire (ou pas) des ressources fourragères.

7.1. Adaptation des systèmes SCV à la pression sur la biomasse (besoins en fourrages)

Dans les milieux où la pression sur la biomasse est relativement faible (peu d'animaux à nourrir par rapport aux surfaces disponibles et au potentiel de production), l'intégration agriculture SCV/élevage ne pose pas de problème. L'alimentation des animaux ne se fait pas au détriment du retour au sol de biomasse, et l'élevage peut facilement venir en appui aux cultures, en fournissant force de travail et surtout engrais organiques de qualité. L'amélioration de l'intégration entre agriculture et élevage se fait avant tout par la gestion des animaux : facilitation de leur alimentation (éventuellement par la production de fourrages dans les systèmes SCV) et collecte des déjections dans des étables fumières, amélioration de la santé animale (alimentation et soins vétérinaires), etc. Quand la pression des animaux augmente, et avec elle les besoins en fourrage pour leur alimentation, l'intégration entre agriculture et élevage doit se faire de manière à optimiser l'utilisation de la biomasse. Elle dépend avant tout des possibilités d'accroître la production de biomasse totale grâce aux pratiques SCV, de l'intérêt économique de l'élevage comparativement aux cultures, et du mode de gestion des ressources au niveau du terroir. De nombreuses possibilités existent, plus ou moins faciles à gérer en fonction des situations. Elles doivent être adaptées localement, au cas par cas.



Affaiblissement du Brachiaria ruziziensis *par le surpâturage*

Quand la charge en animaux s'approche de la charge maximale que peut supporter un environnement (sans surexploitation), quelle que soit sa gestion, l'intégration agriculture/élevage devient particulièrement délicate et dépend largement de l'intérêt comparatif des cultures par rapport à l'élevage et du mode de gestion des ressources au niveau des terroirs. Seule une gestion optimale de plantes fourragères, capables de retourner une quantité de carbone suffisante au sol grâce à leur système racinaire et dont les exportations sont compensées par des apports d'engrais permet de maintenir la fertilité des sols. Une telle gestion n'est possible que si les ressources sont gérées individuellement et si l'élevage est une source majeure de revenus pour les exploitations (cas de l'élevage laitier), leur permettant une certaine intensification (restitutions des éléments nutritifs exportés).

Au delà de cette charge maximale que peut supporter un environnement, l'élevage est de type "minier", puisant dans la fertilité des sols et entraînant sa dégradation rapide. Les systèmes ne peuvent pas être durables, quelle que soit leur gestion.

7.2. Adaptation des systèmes SCV au mode de gestion des ressources fourragères

Plus la charge d'animaux augmente au niveau d'un terroir, plus la gestion des ressources doit être fine. L'optimisation de la production de biomasse, qui se fait avant tout par les associations/successions de cultures et par une gestion de la fertilisation ne peut se faire que si les bénéfices tirés de ces pratiques reviennent à ceux qui les ont mises en œuvre (individuelle-

ment ou collectivement). Ainsi, la pratique très fréquente de la vaine pâture, qui permet à tout animal de "divaguer" sur les parcelles après leur récolte, est un obstacle majeur qui limite les possibilités de bonne gestion de la biomasse.
Cet obstacle peut être levé soit :

• par modification des règles locales, afin de permettre la protection de la biomasse sur les parcelles de ceux qui donnent la priorité à leurs cultures et souhaitent utiliser la biomasse disponible pour la régénération des sols par les pratiques SCV. Une telle modification des règles locales passe par une bonne compréhension de l'intérêt de maintenir un taux élevé de matière organique au sol, et une prise de conscience collective de l'impact sur les sols et les cultures de l'exportation excessive de biomasse. Elle peut cependant se heurter aux réticences des "gros" éleveurs, qui ont un nombre important de bêtes à nourrir, ne peuvent pas en assurer l'alimentation sur leur exploitation uniquement, et ont souvent une forte influence dans les décisions collectives du fait de l'importance que leur confère la possession d'un tel troupeau. Cette option est également très difficile à mettre en œuvre dans le cas d'élevage itinérant.

• par l'implantation dans les plantes de couverture d'une culture en toute saison (comme le manioc par exemple), ce qui interdit alors l'accès des parcelles aux animaux (suivant les règles locales). La "culture" ainsi implantée peut être conduite de manière très extensive, à très faible densité et sans aucun investissement, son intérêt principal n'étant pas l'obtention d'une production (très aléatoire en dehors des périodes de culture habituelles) mais son rôle de protection de la biomasse ;

• on peut encore, en dernier recours, utiliser des plantes de couverture non appétées par les animaux comme les crotalaires. Cette option a l'avantage de pouvoir être applicable dans toutes les situations, mais limite fortement les possibilités des systèmes et ne permet pas une exportation partielle de la biomasse pour l'alimentation des animaux de l'exploitant.

7.3. Adaptation des systèmes SCV au type d'élevage

En fonction de la vocation des élevages, les possibilités d'intégration avec les systèmes SCV sont plus ou moins variées, et plus ou moins faciles à mettre en œuvre.

Elevage commercial (laitier ou pour la viande) intensif

Ce type d'élevage, s'il a l'inconvénient de conduire à une forte exportation de biomasse, a l'avantage d'être conduit individuellement et souvent avec confinement des animaux, ce qui permet une bonne gestion de la fertilité : production d'un fumier de qualité et obtention de revenus (dégagés par la vente des produits) qui permettent de réinvestir dans des engrais pour maintenir la fertilité des parcelles (destinées en premier lieu à la production de fourrages). Pour ces exploitations à dominante fourragère, la régénération des pâturages par la mise en place d'une culture associée en SCV est une option intéressante.


Vaine pâture après la récolte
Lac Alaotra

Elevage commercial (laitier ou pour la viande) extensif et cultures

Pour des exploitations mixtes polyculture-élevage, les systèmes SCV offrent de nombreuses possibilités. Les systèmes en associant cultures et plantes de couverture permettent (dans une mesure variable) d'augmenter le disponible fourrager. La gestion de la fertilité est facilitée par les revenus procurés par l'élevage et par le mode de conduite (alimentation à l'étable qui permet de produire un fumier de qualité). La part des cultures fourragères peut être adaptée en fonction des évolutions des prix relatifs des produits de l'élevage et des cultures.

La principale difficulté réside dans la bonne répartition entre restitution et utilisation de la biomasse en fourrage, en particulier les premières années où l'essentiel de la production doit être restitué au sol pour son amélioration. Il faut également résister à la tentation d'augmenter la charge d'animaux au détriment des restitutions au sol, et ce en particulier quand les prix des produits de l'élevage sont comparativement plus intéressants que ceux de l'agriculture.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

Elevage pour la force de traction

Les animaux de traction sont en général en petit nombre, mais sont l'objet de nombreuses attentions pour leur assurer une bonne alimentation et un bon état sanitaire. L'intégration dans des systèmes SCV peut se faire par la production de fourrages, en particulier à des périodes clefs (avant les gros travaux) et par la réduction des besoins en force de traction. La production de fumier contribue à restituer les éléments nutritifs exportés.



Alimentation au parc des boeufs de trait

Elevage "de capitalisation"

Le statut social conféré par la possession d'animaux est très important dans de nombreux pays du sud. De plus, le rôle d'épargne que jouent les animaux est souvent prépondérant. En conséquence, la possession d'animaux a très fréquemment un rôle essentiel de capitalisation. Bien souvent, ces animaux utilisent des ressources communautaires, qu'il est très difficile de gérer. La pratique de la vaine pâture permet aux animaux de s'alimenter toute une partie de l'année sur des ressources qui ne sont pas individualisées. Quand la charge d'animaux au niveau d'un terroir n'est pas très importante, la fertilité peut être maintenue à cette échelle. Par contre, quand la charge augmente, la pression devient trop importante et ce type d'élevage "mine" les ressources naturelles. Malheureusement, dans le cadre d'une utilisation communautaire des ressources (vaine pâture), quand le milieu est très contraignant (climat semi-aride par exemple) ou se dégrade et que les productions végétales sont peu rentables, une "adaptation" très fréquente des paysans est de se tourner individuellement vers ce type d'élevage "minier" pour profiter des ressources communes. On retrouve ainsi de très importants troupeaux dans les milieux semi-arides, alors que le faible potentiel de production de biomasse devrait au contraire limiter le nombre d'animaux. Ces animaux sont souvent obligés de se déplacer sur de grandes distances pour s'alimenter (élevage itinérant), ce qui réduit encore les performances des systèmes d'élevage. Dans une telle situation de forte pénurie de ressources et d'absence de possibilités de gestion de ces ressources, l'intégration agriculture/élevage est particulièrement difficile. La seule possibilité pour maintenir une biomasse suffisante au sol est d'avoir recours à des plantes de couverture non appétées par les animaux.

8. SCV et arbres

Les principes des SCV, qui copient le fonctionnement d'un écosystème forestier, permettent d'intégrer de diverses façons les arbres dans les systèmes, qui deviennent des systèmes agroforestiers (avec couverture végétale permanente du sol).

8.1. Restructuration des sols avant plantation

Sur des sols dégradés et fortement compactés, la restructuration des sols par des graminées à système racinaire très puissant (comme le *Brachiaria brizantha cv. Marandu*) est un préalable à toute plantation arbustive (reforestation, plantation de verger) dans de bonnes conditions. Quand les arbres utilisés sont des légumineuses (acacia, etc.), la fixation d'azote profite aux graminées qui se développent plus rapidement et remplissent encore mieux leur fonction de décompaction.

8.2. Protection des sols dans les vergers et plantations

La couverture du sol par des plantes pérennes permet de protéger et d'enrichir les sols, et de contrôler les adventices dans les vergers et les plantations. Les couvertures vivantes sont installées de préférence avant la plantation des arbres. Elles doivent pouvoir se maintenir sous fort ombrage (comme *Arachis repens*) pour assurer leurs fonctions, en particulier dans les plantations denses d'arbres, qui laissent pénétrer peu de lumière.



Plantation d'acacias après restructuration du sol par le brachiaria

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct



Verger de pêchers sur couverture de trèfle

Les plantes rampantes (comme *Arachis pintoï, Stenotaphrum secondatum, Axonopus compressus*) une fois installées ne demandent qu'un faible entretien (éventuellement, leur contrôle autour des arbres en cas de déficit hydrique). Les plantes érigées (comme *Stylosanthes guianensis* ou les brachiarias) peuvent être fauchées autour des jeunes arbres pour éviter la compétition pour la lumière, et éventuellement contrôlées (chimiquement ou mécaniquement) autour des arbres en cas de compétition pour l'eau. Les plantes volubiles (comme le pueraria) ne doivent pas être implantées près des arbres car leur contrôle demande alors un travail important et fréquent.

Les couvertures à base de légumineuses, par leur fixation d'azote atmosphérique dont profitent les arbres, sont particulièrement intéressantes. Dans les milieux secs, l'implantation de plantes capables de rester vertes très longtemps en saison sèche (comme le stylosanthes) permet de limiter les risques de propagation de feux.

Une partie de la biomasse produite peut être utilisée pour l'alimentation des animaux après fauche (en particulier quand les arbres sont encore jeunes) ou pâturage (quand les arbres ne risquent plus d'être endommagés).

8.3. Plantations d'arbres à haute valeur

La culture en SCV de plantes annuelles en intercalaire des lignes d'arbres, avant qu'ils ne ferment leur canopée, permet d'obtenir une production les premières années après la plantation, quand les arbres ne produisent pas encore mais laissent passer la lumière. Elle permet également l'implantation à moindre coût d'une couverture végétale pérenne sous les arbres. De la même manière, la plantation d'arbres productifs à moyen terme (fruitiers, hévéas, cocotiers, etc.) en intercalaire avec des espèces à croissance très lente mais à haute valeur (teck, dipterocarpacées, albizia, etc.) permet de dégager des revenus réguliers pendant la longue période de croissance de ces espèces précieuses. Outre les bénéfices considérables obtenus à terme, ces associations permettent de protéger la biodiversité en produisant ces espèces rares plutôt qu'en les exploitant dans leur milieu naturel.

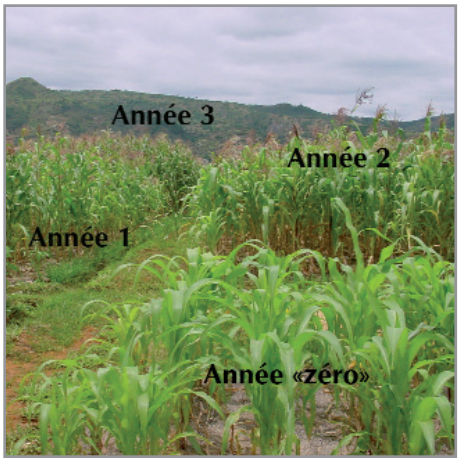
9. Gestion des risques et SCV

La gestion des risques est un point crucial en agriculture, et en particulier dans le cadre d'une petite agriculture familiale. De manière générale, la pratique des systèmes SCV dans des systèmes bien installés diminue fortement les risques et assure une production stable et résiliente :

- le risque climatique est réduit du fait d'une réserve en eau utile importante, de températures tamponnées, d'un calage des cycles de cultures dans les périodes optimales, du mélange d'espèces et/ou de variétés, etc. Il est même possible de conduire des cultures avec un risque limité dans des zones et/ou à des périodes où elles ne sont pas possibles (ou avec un risque très important) en agriculture conventionnelle ;
- la pression des adventices et des ravageurs est généralement réduite ;
- les coûts de production (et donc les investissements) sont faibles une fois que les systèmes bien installés peuvent fonctionner avec un minimum d'intrants ;
- la diversité des productions réduit les risques agronomiques et le risque économique de fluctuations des marchés, etc.

Le principal risque à gérer est en conséquence celui lié à la transition de systèmes conventionnels vers les SCV, durant les premières années, le temps que l'ensemble des fonctions écosystémiques assurées par ces systèmes soient opérationnelles. Cette période est d'autant plus critique qu'elle demande une remontée de la fertilité du sol (et donc un investissement en temps et/ou en intrants) et que les temps de travaux pour la conduite des systèmes ne sont sensiblement réduits qu'une fois que les systèmes fonctionnent bien, après accumulation d'une forte biomasse. Cependant, une fois passé le cap des premières années (avec toujours la tentation de retourner au travail du sol quand un problème se présente), quand ils maîtri-

sent ces techniques de semis direct et en perçoivent les avantages, les paysans abandonnent rarement le semis direct.
Cette étape de transition est particulièrement sensible en petite agriculture familiale, dont les moyens d'investissements et la capacité à courir des risques sont très limités.
Pour réduire ces risques, les investissement les plus risqués car les plus coûteux, et en premier lieu les apports d'engrais, ne doivent être réalisés que quand le risque d'échec est limité et donc que l'ensemble des conditions de réussite sont rassemblées à temps : système de culture adapté aux conditions, semis précoces à la période la plus favorable (y compris si nécessaire de manière à éviter les périodes à risque de grêle ou de cyclone), moyens de contrôle des adventices et des bioagresseurs disponibles, etc.
Outre ces facteurs agronomiques, deux autres facteurs plus difficiles à maîtriser doivent être réunis :



Rendements croissants avec les années de semis direct

- la sécurité de la production. Un risque élevé de vol de la production sur pied (malheureusement fréquent à Madagascar) est un frein considérable à l'augmentation de la production agricole (de quelque manière que ce soit). En augmentant le risque de ne pas pouvoir rembourser les investissements consentis, il fait chuter l'intérêt d'intensifier les productions ;
- la sécurité foncière. Le risque de ne pas pouvoir profiter à moyen terme des effets de pratiques améliorantes réduit l'intérêt de réaliser un investissement dans la fertilité à long terme d'une parcelle (sauf si cet investissement peut être rentabilisé à court terme comme l'écobuage avec la pomme de terre ou l'association manioc+brachiaria, qui a des effets marqués sur le rendement du manioc l'année même).

Plus les risques d'échecs sont élevés et moins l'exploitant a la capacité à supporter un échec, plus il faut se tourner vers des systèmes à faible investissement (et donc moindre risque) : cultures peu exigeantes, restauration progressive de la fertilité par utilisation de "pompes biologiques", etc.

10. Complexité et apprentissage des SCV

La pratique des SCV demande un certain nombre de connaissances, en particulier la connaissance du matériel végétal et la maîtrise de sa gestion, qui s'acquièrent progressivement. Elle demande donc une période d'apprentissage.

D'autre part, il existe parmi la large gamme de systèmes SCV possibles des niveaux de complexité très variables. Certains systèmes comme ceux sur couverture morte à base de *Stylosanthes guianensis* sont extrêmement simples à mettre en œuvre, offrent une grande souplesse, sont applicables dans de nombreuses situations, et/ou sont peu affectés par des modifications de l'itinéraire technique. A l'inverse, d'autres systèmes comme ceux sur couverture vive (très efficaces) demandent une maîtrise technique très fine, des intrants spécifiques, un calendrier et un itinéraire technique très précis, etc.


Parcelle d'apprentissage du semis direct à l'école

Durant la période d'apprentissage (que ce soit celle de cadres et de techniciens ou celle d'agriculteurs), il est préférable de débuter avec les systèmes les plus simples possibles, même si leur potentiel de production est inférieur à celui de systèmes plus complexes. Un système simple bien conduit est plus productif qu'un système complexe mal mené !

Au fur et à mesure que s'accroissent la connaissance des plantes et la maîtrise technique des systèmes, il devient possible de complexifier les systèmes : introduire un plus grand nombre de plantes pour diversifier les fonctions écosystémiques remplies par ces systèmes, les gérer de manière plus fine, avec des intrants plus spécifiques, etc.

La gestion des écosystèmes cultivés en semis direct

11. Conclusions. Gestion intégrée des systèmes SCV

Les systèmes SCV, par la diversité et la multi-fonctionnalité des plantes sur lesquelles ils reposent, permettent :

- d'assurer les fonctions indispensables pour un bon fonctionnement de l'écosystème ;
- de rendre un grand nombre de services écosystémiques gratuits.

Ces systèmes fonctionnent avant tout comme un ensemble, et doivent être gérés de manière intégrée afin d'assurer les multiples fonctions fondamentales. Ainsi, la gestion de la fertilité ne peut être dissociée de celle des adventices ou des bioagresseurs, et ne peut pas ne pas prendre en compte les besoins de l'élevage ou les conditions des marchés par exemple.

Outre la gestion de l'écosystème cultivé en SCV dans son ensemble, il est nécessaire de raisonner les systèmes de cultures dans le temps, sur plusieurs années afin :



Haricot après avoine

- d'assurer une production de biomasse suffisante pour un semis direct chaque année. Il faut en particulier garder en permanence une biomasse suffisante pour assurer le contrôle des adventices et le maintien de la fertilité, et donc anticiper constamment pour garantir de bonnes conditions pour la saison suivante. Il est cependant possible par exemple de produire des plantes d'intérêt majeur pour les paysans mais qui produisent peu de biomasse, à condition l'année précédente de produire une très forte biomasse, et/ou d'installer en succession une plante qui permettra d'obtenir une biomasse suffisante avant la culture suivante ;
- de gérer la fertilité dans le temps, en alternant des plantes aux fonctions et besoins divers, en commençant par des plantes capables de lever les contraintes principales (compaction, faible fertilité, acidité, enherbement, etc.) ;
- de contrôler l'enherbement. Le contrôle de plantes vivaces doit parfois se faire plusieurs mois avant la mise en place de la culture en année "zéro", à la fin de la saison des pluies précédente. Par la suite, la gestion de l'enherbement se fait avant tout par le contrôle des adventices annuelles grâce à la couverture végétale permanente, et est donc très liée au précédent cultural.

Cette gestion intégrée dans l'espace et dans le temps repose avant tout sur le choix des cultures et des plantes associées ou en successions dans les systèmes de culture, et en partie seulement sur le choix des itinéraires techniques. Elle nécessite un suivi précis et des observations fines de l'évolution des conditions à la parcelle.

La diversité des plantes et des systèmes offre des possibilités d'adaptation aux grandes contraintes agronomiques (climats, sols, etc.) et socio-économiques (pression sur la biomasse, moyens disponibles, conditions de marchés, etc.). Cependant, chaque contrainte réduit le nombre de systèmes possibles et/ou leurs performances et intérêts. Plus les contraintes (niveau de dégradation du milieu, pression sur la biomasse, marchés, etc.) sont nombreuses et fortes, plus il est difficile et compliqué de concevoir et mettre en œuvre des systèmes permettant de lever rapidement toutes ces contraintes. La marge de manœuvre est réduite. Il faut alors du temps et la diffusion de ces systèmes est plus difficile et plus lente que dans des milieux moins contraignants, qui offrent une large gamme de possibilités.



Association maïs + stylosanthes

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Graphisme : Olivier HUSSON, Eloïse GRAND et IAN Symbols Impression : NIAG



Volume II

La mise en place de systèmes de culture en Semis direct sur Couverture Végétale permanente

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON, Krishna NAUDIN,
Frank ENJALRIC, Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA,
Hasina ANDRIANASOLO, Hubert RAZAFINTSALAMA,
Christian RAKOTOARINIVO, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY





Volume II. Chapitre 1

Le choix des cultures, associations et successions adaptées aux contraintes agro-climatiques

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Krishna NAUDIN,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,
Hasina ANDRIANASOLO, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Septembre 2009

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA TAny sy FAmpandroasana

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

afd Agence Française de Développement

maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Le choix des cultures, associations et successions

Objectifs

1. Objectifs

Pour être en mesure de réaliser un véritable conseil à l'exploitation, dans une approche intégrée au niveau de terroirs villageois, il est nécessaire de maîtriser une gamme de systèmes de culture adaptés aux conditions locales. Il faut pour cela identifier la nature des cultures les plus appropriées et l'ordre de leurs successions et/ou associations, ainsi que les itinéraires techniques à appliquer à ces différentes cultures ou associations de cultures.

Cette gamme de systèmes de culture doit permettre de proposer des systèmes adaptés aux situations des diverses exploitations, et pour cela doit :

- couvrir les principales conditions de sol x régime hydrique rencontrées au niveau de la zone ;
- être suffisamment diversifiée pour offrir un large choix en matière de cultures principales dans les systèmes, niveaux d'intensification, moyens nécessaires, prise de risque, intégration avec l'élevage, etc. Cette large gamme développée au niveau d'une zone permet par la suite de sélectionner au niveau d'une parcelle les systèmes les plus adaptés aux conditions locales des terroirs, et aux caractéristiques des exploitations ;
- ne pas être trop vaste pour être "gérable" et facilement assimilable par les cadres, techniciens et paysans. Pour cela, les systèmes sont basés en priorité sur les cultures principales de la zone, et offrent des solutions diversifiées aux grandes contraintes agronomiques et socio-économiques locales.

Cette gamme de systèmes à développer est donc fonction des contraintes principales au niveau d'une zone d'intervention et se "décline" suivant les différents types de milieux rencontrés. Un diagnostic initial et en particulier la définition "d'unités agronomiques" est donc indispensable pour intégrer ces paramètres dans la conception des systèmes.

2. L'identification d'unités agronomiques



Savoir reconnaître les différentes unités de paysages et connaître les régimes hydriques

Pour permettre de concevoir (et de présenter aux paysans) des systèmes SCV adaptés aux conditions locales (jusqu'au niveau parcellaire), il est indispensable de distinguer, sur la base de critères facilement identifiables, les différentes unités agronomiques rencontrées au niveau d'une zone et de les reconnaître rapidement sur le terrain. Ces unités se définissent par l'homogénéité de leurs caractéristiques agronomiques : position sur la toposéquence, fertilité et niveau de compaction du sol, régime hydrique. Le potentiel et les contraintes agronomiques au sein d'une unité expliquent en grande partie les systèmes existants, et déterminent les systèmes SCV qu'il est possible d'y proposer. Il est donc indispensable pour définir ces unités de bien prendre en compte les critères qui vont faire qu'un système SCV est possible ou non.

Tanety : colline (terme malgache)

Une première grande distinction fondamentale à faire est celle entre :

- *tanety* (et colluvions de bas de pente) ; et
- plaines, vallées ou bas-fonds.

Le régime hydrique y est fondamentalement différent et a donc un impact fort sur les possibilités de systèmes (possibilités d'installer des plantes en contre-saison en particulier).

2.1. Les critères discriminants sur *tanety*

Sur *tanety*, on peut alors distinguer (le cas échéant) les *tanety* en culture pluviale pure, de celles aménagées en terrasses (qui peuvent disposer ou non d'irrigation, plus ou moins contrôlée).

Le choix des cultures, associations et successions

Les critères principaux à prendre en compte sont alors la compaction du sol et sa fertilité initiale, qui déterminent les cultures possibles en saison et les niveaux d'intrants nécessaires. On peut évaluer ce niveau de fertilité et la compaction en se basant sur la flore naturelle et l'état des cultures en place.

On s'intéresse ensuite aux possibilités de culture en contre-saison. Par cela, on entend la possibilité d'obtenir une production de biomasse importante en dehors de la période de culture principale. Il ne s'agit donc pas forcément de la possibilité de faire une deuxième culture, mais aussi de la possibilité d'installer une plante de couverture qui peut être mise en place dans la culture, pour qu'elle s'implante bien avant l'arrivée de la saison sèche et/ou froide.

Sur *tanety*, ces possibilités sont très faibles dans les milieux avec longue saison sèche (Sud-Ouest, Moyen-Ouest, Lac Alaotra). Elles sont beaucoup plus nombreuses sur les hautes terres (sur sols non compactés) et surtout dans un climat tropical humide toute l'année (Sud-Est).

Enfin, le cas échéant, on doit s'intéresser à une contrainte agronomique particulière mais très forte (souvent la plus limitante), comme la pression exercée par le striga sur les céréales dans le Moyen-Ouest malgache.



Forte infestation et dégâts de Striga asiatica *sur riz pluvial Moyen Ouest*

2.2. Les critères discriminants dans les plaines, vallées et bas-fonds

Dans ces milieux qui sont tous moyennement riches à riches, le niveau de fertilité du sol est peu discriminant. Le principal facteur à prendre en compte est le régime hydrique, avec 3 paramètres :

- les risques de submersion, qui déterminent si l'on peut cultiver une culture autre que le riz en saison des pluies. On distingue donc les sols exondés ou drainables, sur lesquels l'inondation est rare ou très temporaire et où on peut donc faire une culture comme le maïs, des sols inondés plus de 5 jours consécutifs sans drainage possible, où seul le riz est possible en saison ;
- l'accès à l'irrigation. On considère ici l'accès à l'irrigation en saison principale (et pas forcément en contre-saison) qui permet de sécuriser une culture de riz. On distinguera donc les parcelles sans irrigation, celles avec irrigation aléatoire (rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, dans laquelle l'eau peut être apportée à un moment du cycle, mais de manière incertaine) et celles avec irrigation contrôlée dans lesquelles on peut apporter de l'eau quand on le souhaite durant la saison des pluies ;
- les possibilités de culture en contre-saison. Là encore, on entend par contre-saison la possibilité de produire une forte biomasse en dehors de la saison de culture principale. Ces possibilités sont liées au climat d'une part, mais aussi :
  - au type de sol : des sols très argileux ou, au contraire, la présence d'un horizon sableux (qui crée une rupture capillaire) empêchent les remontées d'eau ;
  - à la position sur la toposéquence : profondeur de la nappe en saison sèche, possibilité de drainage au moment où il faudrait implanter la plante de couverture, etc. ;
  - aux possibilités d'irrigation en contre-saison (rares à Madagascar).

Ces différents critères permettent de discriminer des unités agronomiques pour lesquelles on peut alors concevoir une gamme de systèmes SCV différenciés.

Un dernier facteur concernant le régime hydrique est la durée pendant laquelle une rizière peut être maintenue en eau, qui détermine la possibilité de faire de la monoculture de riz (on peut estimer qu'avec plus de 45 jours/an de submersion, la monoculture de riz chaque année, sans culture de contre-saison est possible).

Le choix des cultures, associations et successions

Le diagnostic

3. Le diagnostic initial rapide

La conception et la mise en place de démonstrations de systèmes SCV adaptés localement au niveau des terroirs présupposent une connaissance suffisante du milieu et des pratiques paysannes dans les villages concernés. Un diagnostic initial est donc indispensable avant toute intervention. Ce diagnostic rapide doit permettre :



Discussions sur l'utilisation du terroir
Lac Alaotra

- de se situer aisément dans le paysage, en identifiant les principales unités agronomiques présentes au niveau du terroir ;
- de connaître les pratiques paysannes sur le terroir, en fonction des différentes unités de paysage/agronomiques. Cela est indispensable pour proposer aux paysans des systèmes construits en priorité à partir de leurs systèmes, avec leurs cultures privilégiées ;
- d'identifier les principaux facteurs limitant la production agricole, dans les différentes situations ;
- d'identifier les besoins et les contraintes des paysans ainsi que les opportunités d'amélioration des systèmes et/ou d'utilisation de terres à l'abandon ;
- de comprendre les interactions entre agriculture, élevage et activités extra-agricoles, en particulier la répartition de la main d'œuvre et des moyens de production (intrants, équipements) entre les différentes activités, à l'échelle des unités de paysage, et les priorités accordées par les paysans en cas de pénurie.

Réalisé au niveau d'une zone d'intervention, ce diagnostic permet de prendre en compte les conditions de milieu et les principales contraintes (agronomiques et socio-économiques) pour développer une large gamme de systèmes aptes à lever les contraintes majeures, à améliorer durablement les productions, et à s'intégrer facilement aux exploitations et terroirs villageois.

En affinant ce diagnostic au niveau d'un terroir villageois, on peut alors "construire" les systèmes les plus adaptés aux conditions locales et choisir un nombre réduit de systèmes, que l'on peut éventuellement mettre en démonstration au niveau du terroir.

Le conseil à l'exploitation demande de compléter le diagnostic à cette échelle, ce qui permet, sur la base des systèmes techniquement réalisables et intéressants au niveau du terroir, de choisir quelques systèmes bien adaptés individuellement à chaque agriculteur.

4. L'identification des systèmes possibles dans une situation donnée

Pour une parcelle donnée et donc une unité agronomique donnée (zone agro-écologique, unité de paysage, type de sol, régime hydrique), les systèmes techniquement possibles dépendent d'un certain nombre de facteurs agronomiques. Il est indispensable de les identifier et de les caractériser lors du diagnostic rapide, avant toute intervention.



Systèmes de culture diversifiés
sur les Hautes terres malgaches

4.1. Les facteurs à prendre en compte

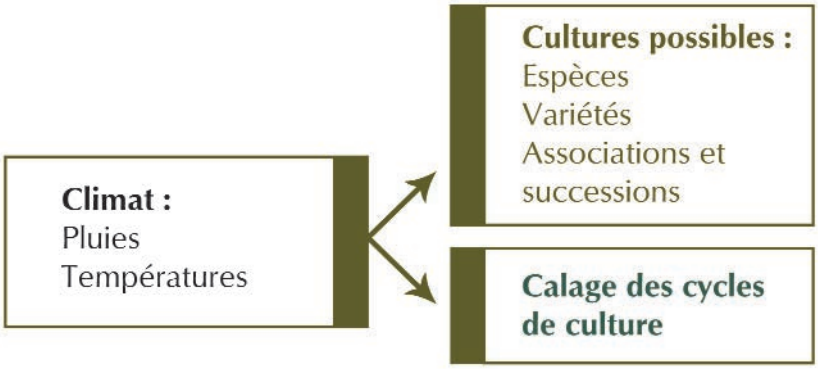
L'identification des cultures et des plantes de couverture possibles en année "zéro" de préparation du semis direct se fait sur la base de huit grands facteurs qu'il est nécessaire de prendre en compte :

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

Le climat

Le climat est le premier facteur à prendre en compte pour identifier les cultures possibles (ce que les agriculteurs ont naturellement fait) et les plantes de couverture utilisables. Ce facteur, difficilement contrôlable (uniquement par irrigation ou culture sous serre, très coûteuses), influence fortement le choix des espèces et des variétés, ainsi que le calage des cycles de culture et les possibilités d'associations ou de successions de cultures. Les deux critères principaux sont bien évidemment les précipitations (quantité totale, répartition, occurrence d'une saison sèche, etc.) et les températures (en particulier les périodes froides et le risque de gel) qui influencent fortement le potentiel de production de biomasse et la vitesse de minéralisation.



Exemples sur l'influence du climat

Sur les Hautes-terres malgaches, les températures relativement basses font que les cycles des cultures sont allongés, et qu'on ne peut pas cultiver des plantes exigeantes en chaleur (qui n'arrivent pas à boucler leur cycle avant l'arrivée de la saison froide). Ainsi, dolique et *Vigna umbellata* se développent très mal en altitude et seules des variétés de niébé à cycle court (comme le "David") peuvent être cultivées, à condition d'être semées tôt.

Dans le Sud-Ouest semi-aride, la courte saison des pluies fait que la culture de maïs ne peut se faire qu'avec des variétés à cycle court (comme CIRAD 412), installées dès les premières pluies.

Le régime hydrique : hydromorphie, engorgement, submersion et possibilités de contre-saison

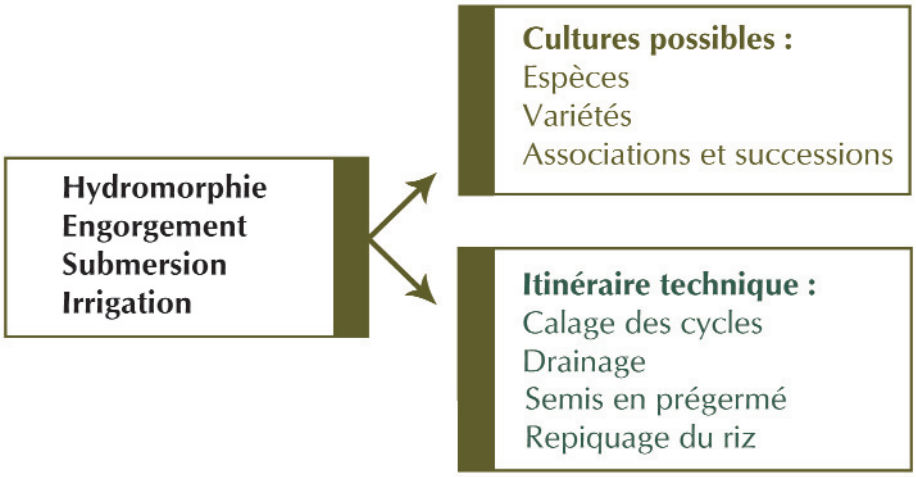
L'hydromorphie et les risques d'engorgement et/ou de submersion

L'hydromorphie et l'engorgement étant mal supportés par de nombreuses plantes cultivées (les légumineuses en particulier), il est important d'identifier le risque encouru au niveau d'une parcelle, en particulier dans les positions basses et dans les climats humides. Les risques d'engorgement ou de submersion à des périodes données vont déterminer les cultures possibles (espèces et variétés), mais aussi les périodes de culture (et donc le calage des cycles) et les itinéraires techniques (comme la réalisation d'un drain). Quand il existe un risque de submersion supérieur à 5 jours consécutifs, sans drainage possible, seul le riz peut être cultivé en saison.

Exemples sur l'hydromorphie

La plupart des plantes, et en particulier les légumineuses, supportent mal l'hydromorphie ou l'engorgement, et encore moins la submersion. Parmi les légumineuses à graines, le niébé est celle qui supporte le moins mal l'excès d'eau. Pour une couverture végétale, les légumineuses des genres *Sesbania* et *Aeschynomene* sont très bien adaptées à l'hydromorphie. L'espèce *Stylosanthes guianensis* la tolère bien et même la submersion (sauf sur des plants très jeunes).

Parmi les céréales, le riz supporte très bien l'excès d'eau, à l'inverse du maïs ou encore de l'avoine ou du blé. Les graminée fourragères très bien adaptées aux milieux hydromorphes sont le *Brachiaria humidicola* et *B. mutica*.



L'irrigation

A l'inverse, l'irrigation rend possibles certaines cultures et donne de la souplesse pour le calage des cycles.

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

Nappe phréatique et possibilités de contre-saison

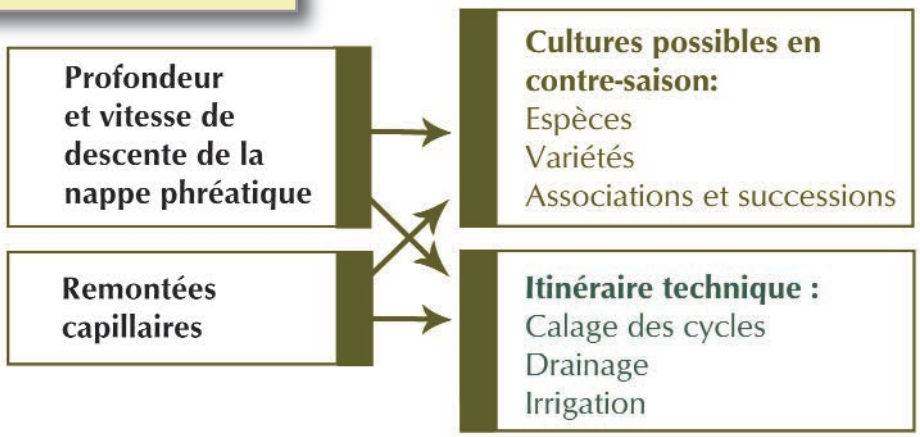
Les possibilités d'accès rapide par les racines à la nappe phréatique déterminent largement les possibilités de culture en contre-saison. La profondeur de la nappe et sa vitesse de descente permettent ou non la connexion du système racinaire avec cette nappe, et donc la croissance de plantes en saison sèche. Toutes les plantes n'ont pas la même aptitude à accompagner la nappe dans sa descente et à produire en contre-saison. Des plantes comme la dolique ou le sorgho ont un système racinaire capable de se développer rapidement (jusqu'à 3 cm par jour pour le sorgho) pour suivre la descente de la nappe, et qui peut descendre en profondeur (jusqu'à 3 m). Elles permettent d'obtenir une forte production de biomasse en utilisant l'eau "résiduelle", et sont donc d'excellentes plantes de couverture pour la production en SCV dans des milieux avec longue saison sèche.

A l'inverse, dans les zones basses, les plantes peuvent souffrir d'un excès d'eau en fin de saison des pluies, quand il faudrait installer les cultures de contre-saison. Cela conduit à un raccourcissement de la période de production de biomasse (ce qui baisse les performances des systèmes) et peut rendre très difficile la mise en place de certains systèmes, en particulier en altitude où la saison froide ralentit la croissance des plantes, et où le gel peut tuer des jeunes plantes encore peu résistantes.

Exemples sur la contre-saison

Sur les *baiboho* (dépôts alluviaux) du Lac Alaotra, la nappe phréatique descend lentement en saison sèche, et reste suffisamment proche pour que le système racinaire de plantes cultivées en contre-saison puisse s'y connecter facilement. Les cultures de contre-saison y sont relativement aisées. Il existe cependant des *baiboho* avec des lentilles de sable qui créent une rupture des remontées capillaires et qui ne permettent pas, ou très difficilement de conduire une culture de contre-saison.

Dans les rizières des hautes terres, la nappe phréatique est en général peu profonde et permet une culture de contre-saison. Cependant, l'installation d'une plante comme la vesce, qui ne supporte pas l'engorgement et qui doit être semée suffisamment tôt pour s'implanter avant l'arrivée des jours froids, peut être problématique dans les parcelles qui ne sont pas drainables.





Avoine sur tanety *en contre-saison Hautes terres*



Dolique connectée à la nappe phréatique dans la plaine. Lac ALaotra



Vesce en contre-saison dans les rizières Hautes terres

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

La compaction du sol en profondeur et la battance

L'état de compaction ou d'induration du sol a des conséquences sur les cultures possibles avec deux principales situations limitantes :

Existence d'une semelle de labour ou d'un horizon compacté en profondeur

Avant toute intervention, il est indispensable de s'assurer que des horizons compactés ne soient pas présents en profondeur. En particulier, sur des parcelles labourées régulièrement, une semelle de labour se développe fréquemment à 10-20 cm, profondeur répétée du travail du sol. Cet horizon, parce qu'il est un obstacle à la pénétration des racines en profondeur doit être identifié, surtout pour les cultures pluviales sur *tanety* pour lesquelles la profondeur d'enracinement détermine la réserve en eau utile.

Dans le cas d'une semelle de labour ou d'horizons compactés en profondeur, qui ne peuvent pas être éliminés par un travail du sol (ou qui pourraient être levées par un sous-solage, mais à un coût prohibitif et inaccessible à Madagascar), seules des plantes avec un système racinaire puissant ou au contraire se satisfaisant d'un enracinement superficiel sont à proposer aux agriculteurs. Des cultures comme le riz pluvial, qui ont besoin d'une forte macroporosité du sol et ont un système racinaire peu puissant, ne doivent pas être installées avant que l'horizon compacté ait été restructuré.

L'évaluation du degré de compaction d'un sol est donc une étape fondamentale dans le processus de décision sur le choix des cultures.

La compaction du sol

Le niveau de compaction du sol influence très fortement les cultures et les systèmes possibles lorsque l'on veut installer des systèmes en SCV. Il est donc indispensable de l'évaluer avant toute intervention. On dispose pour cela d'indicateurs simples comme la flore naturelle. Les sidas, *Urena lobata*, *Cassia tora*, ou l'Aristida épars, sont révélateurs d'un fort risque que le sol soit compacté, alors qu'à l'inverse *Cynodon dactylon* ou *Hypparhenia sp.*, bien développés, sont des indicateurs de bonne porosité.

Toutefois, la réalisation de profils de sols est fortement recommandée car elle apporte des informations intéressantes sur les niveaux de compaction et sur la descente des racines (que ce soit de la végétation naturelle ou des plantes cultivées).

La réalisation de profils permet d'évaluer la compaction par le son produit par les différents horizons lorsqu'ils sont frappés (avec un manche de couteau par exemple) : plus le son émis est aigu, plus l'horizon en question est compacté. Ainsi, tapoter les différents horizons et écouter les variations de sons permet de se rendre compte des niveaux de compaction relatifs des différents horizons, et d'identifier des couches compactées.

La difficulté à creuser un profil au niveau de certains horizons renseigne également sur le niveau de compaction. Il faut cependant faire attention à évaluer la compaction en tenant compte de l'humidité du profil de sol (le sol se durcissant en séchant).

Exemples sur la compaction

Le riz pluvial est une culture qui a besoin d'un sol bien structuré. Il ne doit pas être installé sur un sol compacté. Le maïs et le sorgho ont un système racinaire plus puissant, qui leur permet de se développer sur des sols relativement compactés.

L'arachide ou le pois de terre ont un système racinaire peu puissant, mais se contentent d'un enracinement superficiel.

Des graminées (comme les brachiarias) sont de véritables "machines" à décompacter les sols grâce à leur système racinaire très puissant et leur capacité à relancer l'activité biologique. Cette capacité de décompaction s'accroît encore lorsque des légumineuses à puissant pivot appartenant au genre *Crotalaria* et *Cajanus* sont associées aux graminées du genre *Brachiaria*.



Sol compacté et mauvais enracinement du maïs

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

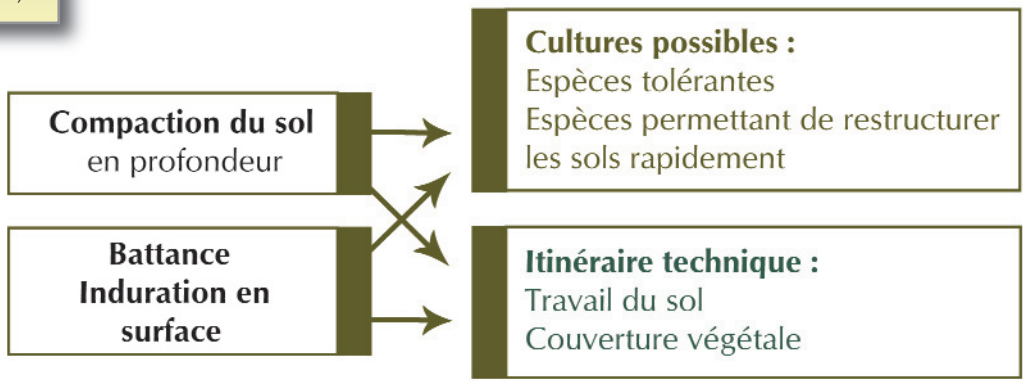
Sols battants ou indurés en surface

Les phénomènes de battance (formation d'une fine croûte "de battance", liée à l'action de la pluie sur des sols riches en particules très fines, mais non colloïdales) ou d'induration en surface (prise en masse des premiers centimètres d'un sol très destructuré, souvent après de fortes pluies) ont aussi des conséquences sur les cultures possibles, mais dans une moindre mesure que la compaction en profondeur. Certaines cultures supportent en effet très mal les conditions asphyxiantes créées par une crôute en surface.

Ces phénomènes ont de plus une forte influence sur l'itinéraire technique en année "zéro" (la battance étant éliminée par le paillage en semis direct), en particulier pour ce qui concerne les besoins en travail du sol et en paillage.

Exemple sur la battance

Le *Vigna umbellata* supporte très mal la battance et ne doit pas être cultivé sur sols battants (comme les sols ferrugineux tropicaux), nus (sans couverture végétale).



Le niveau de fertilité initiale du sol et les possibilités de l'améliorer et de corriger les carences

Le niveau de fertilité initiale du sol a des conséquences sur les cultures possibles et leur niveau de production, les niveaux de fertilisation nécessaires à apporter (en fonction des cultures) et la gestion de l'enherbement.

Les possibilités de corriger les carences du sol, de remonter la fertilité (apport de fumier et/ou d'engrais, écobuage, etc.) et de corriger l'acidité (amendements) permettent ou non la mise en place de cultures exigeantes/sensibles. Elles constituent un facteur primordial pour l'augmentation

La fertilité du sol

Avant toute intervention, il est indispensable d'estimer le niveau de fertilité des sols, ce qui peut se faire très simplement par des observations :

• de la flore naturelle : des plantes comme *Aristida sp. , Heteropogon sp, Chrysopogon* ou *Imperata cylindrica* par exemple sont indicatrices de sols dégradés et révélatrices d'une faible fertilité, voire très faible quand ces plantes sont peu développées et éparses. Le striga est quant à lui lié à une forte dégradation du statut organique du sol. A l'inverse, *Hyparrhenia sp., Stenotaphrum sp., Eleusine indica, Cynodon sp.* (bien développé) et de nombreuses dicotylédones comme *Acanthospermum hispidum, Galingsoga parviflora* ou *Tridax procumbens* sont indicatrices de sols relativement fertiles. La présence en abondance d'adventices de type *Conyza sp., Ageratum sp.*, etc. est également révélatrice d'une bonne fertilité du sol ;

• du type de cultures mises en place par les paysans et de leur développement (sans engrais) : un maïs bien développé indique une bonne fertilité. Le riz également (mais ce dernier supporte mieux l'acidité que le maïs), et dans une moindre mesure le soja. Si leur développement est assez faible (production autour de 500-800 kg/ha), le sol est de fertilité moyenne. L'absence de ces cultures laisse supposer une fertilité faible, en particulier quand seuls le manioc, l'arachide ou le pois de terre sont possibles selon les dires des paysans ;

• de l'état des cultures, en particulier des cultures exigeantes comme le riz ou le maïs. On portera une attention particulière aux symptômes de carences, en éléments majeurs (N, P, K, S) mais aussi en oligo-éléments (B, Zn, Cu, Mn, etc.).



Culture de maïs sur sol très pauvre après remontée de la fertilité par écobuage Hautes terres

Le choix des cultures, associations et successions

de la production de biomasse les premières années, avant que le niveau de fertilité du sol ait été amélioré par les pratiques de semis direct sur couverture végétale permanente.

Les facteurs à prendre en compte

L'utilisation d'engrais minéraux (coûteux) suppose que les moyens financiers soient disponibles (dans des conditions qui ne fassent pas perdre tous les bénéfices d'un apport de fertilisation), que les intrants nécessaires soient accessibles et que les paysans soient en mesure de supporter le risque qu'un tel investissement représente, risque qui doit être clairement identifié et évalué. Elle suppose également que l'on se soit assuré d'être dans des conditions permettant de bénéficier de l'effet des engrais (bon contrôle des adventices, risque climatique faible, etc.).

Sans possibilité d'avoir recours à la fertilisation (minérale ou organique), l'installation de plantes de couverture (en particulier les légumineuses) peut être une bonne alternative, si elles peuvent être maintenues suffisamment longtemps en place.

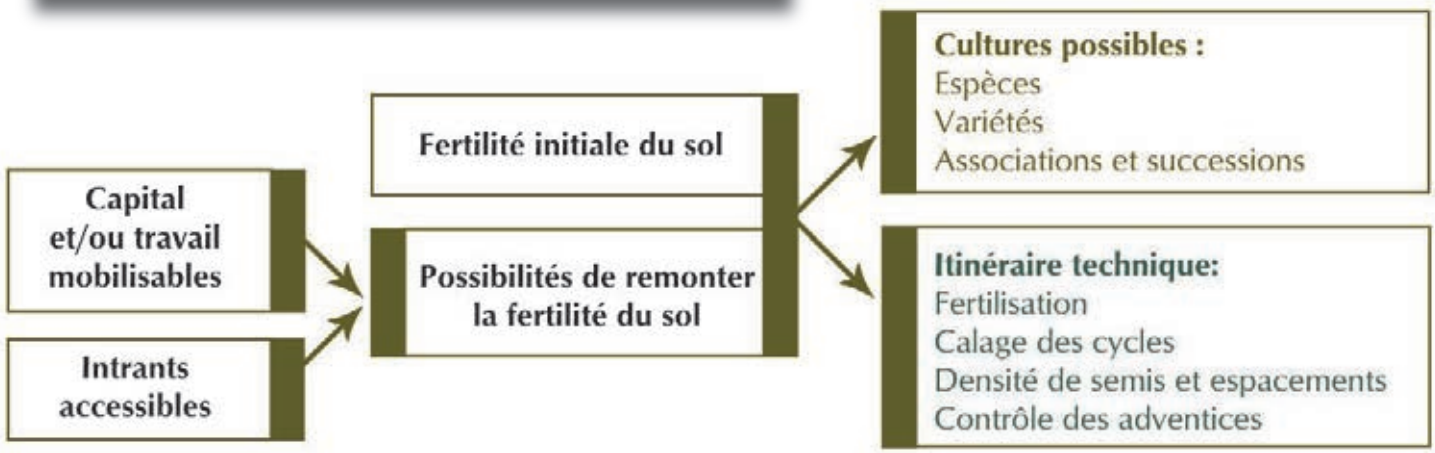
Exemples sur la fertilité du sol

Sur un sol peu fertile, des cultures exigeantes comme le maïs ne peuvent pas être cultivées sans apport d'engrais (minéral ou organique). La fertilisation étant coûteuse, sa rentabilité peut être faible (voire négative), en particulier sur des sols très pauvres où la culture de plantes exigeantes n'est pas rentable. Il faut dans ce cas préférer cultiver des plantes moins exigeantes (pois de terre, manioc, haricot, etc.), qui rentabilisent mieux une éventuelle fertilisation.

Sur sols riches, la fertilité bénéficie aux cultures, mais également aux adventices. L'itinéraire technique doit donc être adapté pour assurer un bon contrôle des mauvaises herbes.

Sur un sol de fertilité moyenne, la fertilisation du maïs est souvent intéressante puisqu'elle permet d'accroître sensiblement les rendements, ainsi que la biomasse produite (qui alimente les cultures en semis direct la saison suivante).

Cependant, si les intérêts à payer pour emprunter la somme nécessaire à l'achat des engrais sont élevés, et/ou si les risques d'échec sont importants et difficilement supportables, l'utilisation d'engrais minéral perd de l'intérêt. Il est préférable de cultiver alors une culture peu exigeante.



La pression des adventices et les moyens de lutte disponibles

La pression des adventices est fonction de nombreux facteurs : climat, position sur la toposéquence (régime hydrique), niveau de fertilité du sol et apports de fertilisation, précédents culturaux et itinéraires techniques sur les cultures précédentes, etc.

L'ensemble de l'itinéraire technique doit être adapté pour maîtriser au mieux l'enherbement et éviter que les adventices entrent en compétition avec les plantes, que ce soit pour l'eau, la lumière ou les éléments nutritifs. Dans le cas où les moyens de contrôle des adventices sont limités (en particulier la main d'œuvre aux périodes critiques, l'accès aux

Exemple sur les adventices

Sur les *baiboho* (sols riches), où la pression des adventices est très forte, la culture de riz n'est intéressante que si des moyens de contrôle des adventices sont disponibles (herbicides ou main d'œuvre abondante). Si les moyens de contrôle des adventices sont limités, il est plus intéressant de cultiver du maïs, plus facile à désherber et moins sensible à la compétition des adventices que le riz. En associant le maïs à une légumineuse qui couvre rapidement le sol, la pression des adventices est fortement réduite et il est possible d'implanter du riz l'année suivante.

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

herbicides et/ou leur maîtrise technique) et que la pression des adventices est forte (en particulier en cas d'apport d'engrais, car s'il favorise la croissance des plantes cultivées, un apport de fertilisation favorise aussi celles des adventices), on choisira de préférence de mettre en place des cultures et des associations faciles à désherber manuellement ou chimiquement (si disponible), et des espèces/variétés au démarrage rapide afin de couvrir le sol (et les adventices) au plus vite.

Certains systèmes sont particulièrement intéressants pour contrôler des adventices spécifiques comme le striga (cf. Volume V. Chapitre 1.). Il est important d'identifier ces adventices particulièrement nuisibles lors du diagnostic et de proposer alors des systèmes visant à les contrôler.



Cyperus rotundus,
"peste végétale" difficile à maîtriser

La pression des bioagresseurs et les moyens de lutte disponibles

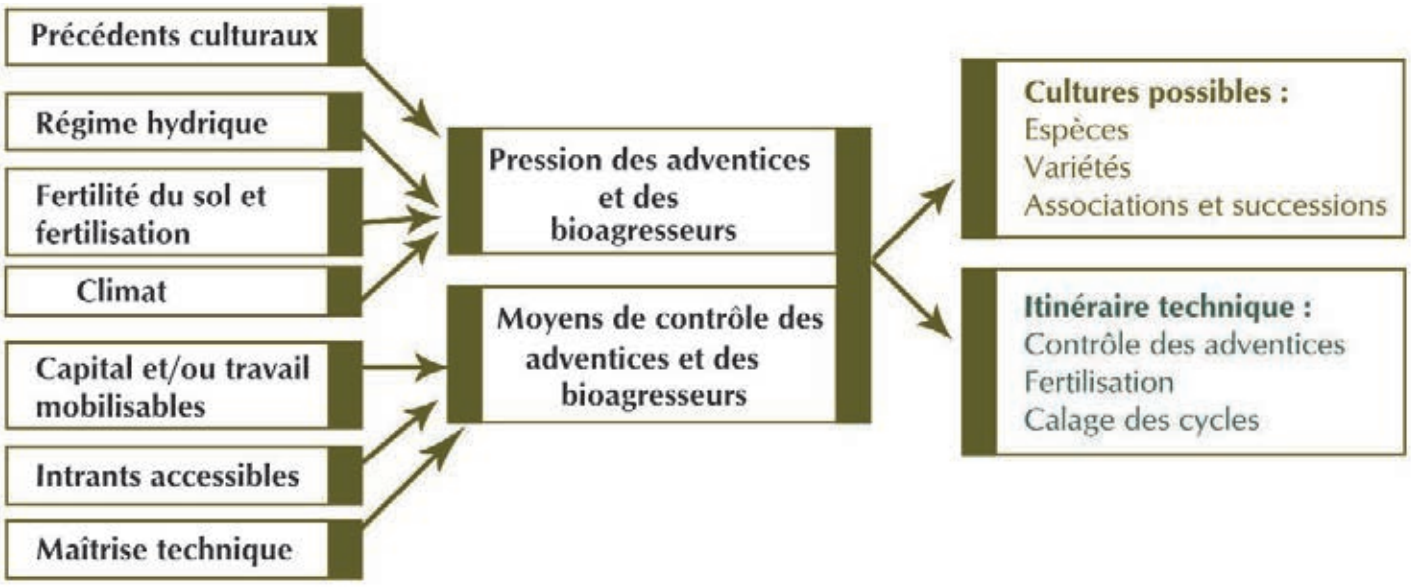
La pression des bioagresseurs est également fonction de nombreux facteurs : climat, présence ou non des insectes auxilliaires qui contrôlent les ravageurs, position sur la toposéquence (régime hydrique), niveau de fertilité du sol et apports de fertilisation (type de nutrition azotée en particulier pour les maladies fongiques), variétés résistantes ou sensibles, précédents culturaux et itinéraires techniques sur les cultures précédentes, etc.

En conséquence, la pression des bioagresseurs varie fortement en fonction des situations.

Elle doit être identifiée durant le diagnostic préliminaire, afin de s'assurer de ne pas proposer, les premières années, des cultures sensibles aux pestes locales (choix des espèces et variétés) si on ne dispose pas de traitements efficaces (insecticides, fongicides) et peu nuisibles.

Exemples sur les bioagresseurs

Au lac Alaotra, les parcelles en bordure des plaines sont soumises à une très forte pression des *Heteronychus sp.* et des vers blancs qui fuient la mise en eau ou l'inondation des rizières. La pression est telle qu'il est difficile de les contrôler, même avec l'emploi de produits chimiques, et qu'il est préférable de mettre en place à cette période des légumineuses, moins sensibles que les céréales. On peut également utiliser autour des parcelles de cultures, à la fois des couvertures répulsives (plantes odorantes : vesce, radis, desmodium) et/ou des couvertures qui au contraire sont très attractives et servent de pièges et détournent les insectes des cultures (*Pennisetum sp.* pour les borers, et le genre *Arachis* pour les punaises. Système "Push-pull" des anglo-saxons).



Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

Les risques de divagation des animaux et/ou de feux et les moyens de conserver la biomasse

La biomasse produite et restituée au sol étant un facteur primordial de l'efficacité des SCV, il est indispensable de s'assurer qu'elle pourra être maintenue sur la parcelle en quantité suffisante. En cas de risques forts de divagation des animaux et/ou de feux qu'il ne serait pas possible de contrôler au niveau du terroir (par l'arrêt de la vaine pâture, l'embocagement, etc.), seuls les systèmes produisant une très forte biomasse (y compris racinaire) et surtout les systèmes utilisant des plantes de couverture non appétées par les animaux et/ou résistantes au feu (restant vertes en saison sèche, redémarrant rapidement après passage éventuel du feu) peuvent être proposés.

Exemples sur la conservation de la biomasse

Sur les hautes terres et dans le moyen-ouest, certains villages ayant constaté l'intérêt des pratiques SCV ont modifié les règles locales (*Dina*) d'utilisation des résidus de culture qui peuvent être conservés par ceux qui le désirent.

Dans le Sud-Est, les paysans utilisent le *Stylosanthes guianensis* comme pare-feu, ayant constaté qu'il restait vert toute l'année et brûlait difficilement.

Sur les hautes terres, dans les zones où l'élevage laitier est une des principales sources de revenus des agriculteurs et où la demande en fourrage est très importante, les systèmes à proposer doivent permettre une forte production de biomasse, en particulier racinaire. "L'habillage" des cultures paysannes avec des plantes de couverture (et/ou fourragères) tempérées, comme l'avoine, est une possibilité à condition de prendre garde à maintenir une biomasse suffisante sur le sol (condition de réussite des SCV). Il est également possible de proposer des systèmes axés sur la production de biomasse avec des plantes pérennes à vocation fourragère (en prenant garde à gérer la fertilité en restituant au sols les éléments minéraux exportés), les pâturages étant régénérés après quelques années, par une implantation en SCV en association avec une culture (qui paye le coût de la régénération).

Enfin, dans certains milieux à forte densité de population, où les arbres ont pratiquement disparu, les résidus de récolte sont parfois utilisés comme combustible. Il est alors indispensable de travailler au niveau de l'aménagement du terroir et d'actions de reboisement.



Les risques et le niveau de sécurisation

Tout investissement est une prise de risque. Le niveau de sécurisation du retour de l'investissement joue un rôle déterminant dans les processus de décision. Les systèmes et les itinéraires techniques sont souvent adaptés par les paysans pour minimiser ces risques.

Les systèmes SCV permettent de réduire certains risques (sécheresse, feu, insectes, etc.) mais ne peuvent sécuriser tous les facteurs de production et en particulier les risques non "agronomiques" (vols, etc.).

Exemples sur les risques

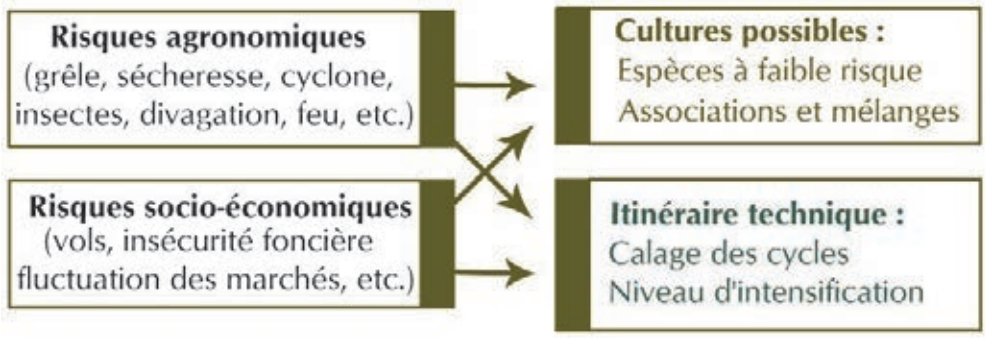
Un paysan qui n'est pas assuré de conserver sa parcelle (insécurité foncière) est, de manière générale, peu enclin à investir dans l'amélioration des conditions de culture. Il préfère souvent des systèmes peu intensifs et à retour économique très rapide.

Le fermage ("location" de terre à un prix fixé) augmente les risques du fermier en cas d'échec, et ses profits en cas de bonne production. A l'inverse, le métayage (partage de la récolte) réduit les pertes du métayer en cas de mauvaise production, mais aussi ses gains en cas de réussite, ce qui limite fortement son intérêt à conduire des cultures intensives, à risque.

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

Ainsi, l'absence de sécurisation foncière est un handicap pour le développement de systèmes qui ne permettent pas un retour rapide (investissement dans la fertilité des sols par exemple). Les risques élevés de perte de production sur pied, comme la grêle (fréquente sur les hautes terres) ou les vols (répandus dans toute l'Île), limitent fortement l'intérêt d'investir pour intensifier les cultures. Les systèmes SCV proposés dans ces situations à haut risque sont en conséquence des systèmes peu intensifs.



Synthèse des facteurs déterminants des systèmes de cultures techniquement possibles

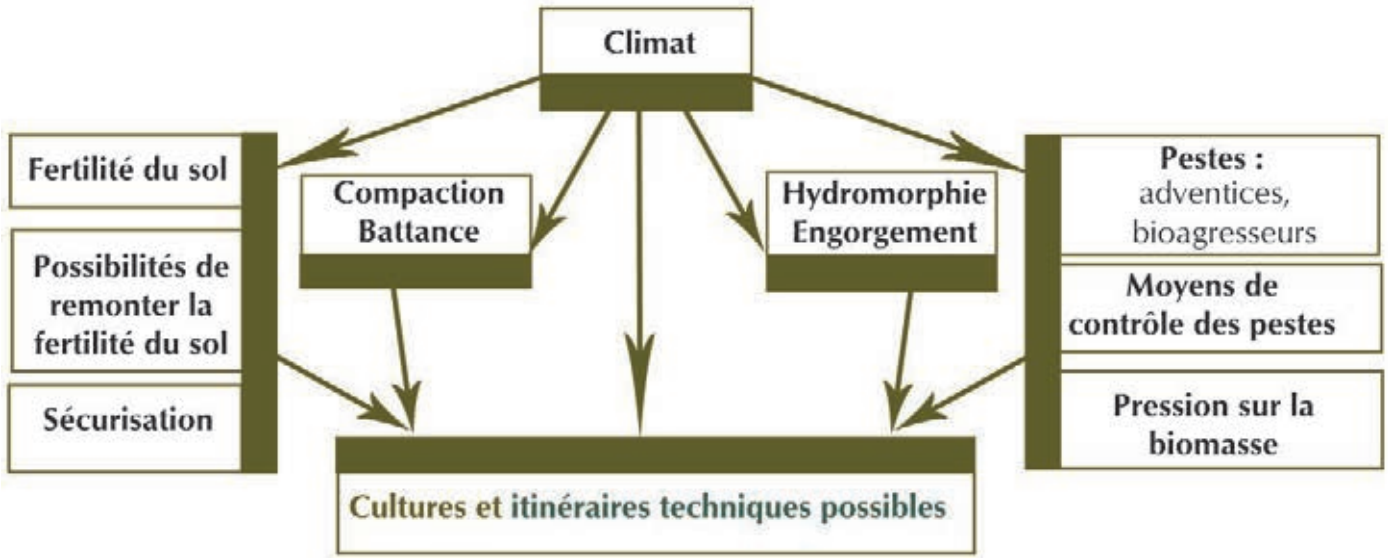
Les systèmes de culture et les itinéraires qui sont techniquement réalisables sont donc fonction de paramètres propres :



Terroir villageois
Lac Alaotra

- au terroir : climat (directement, mais aussi indirectement à travers son influence sur les caractéristiques de la parcelle) et pression sur la terre et la biomasse ;
- à l'exploitation : possibilités de remonter la fertilité des sols et moyens de contrôle des adventices ;
- à la parcelle : niveau de fertilité initial du sol, compaction et battance, hydromorphie et risque d'engorgement, pression des adventices, etc.

Systèmes de cultures et itinéraires techniques sont liés : l'itinéraire technique est fonction du système et des conditions particulières (caractéristiques de la parcelle, moyens disponibles). Certains systèmes, dans certaines conditions, ne sont possibles que si un itinéraire technique précis peut être conduit (apport d'engrais sur un sol pauvre pour une culture exigeante par exemple).



Le choix des cultures, associations et successions

4.2. L'identification des cultures, associations et successions possibles pour installer rapidement des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente

Sur le plan agronomique, l'entrée dans le semis direct (qui consiste à "amorcer la pompe" en produisant une forte biomasse) se fait plus ou moins rapidement, en fonction des conditions initiales et des moyens disponibles. Un compromis doit être recherché pour trouver des systèmes répondant aux besoins, tout en optimisant la production et les revenus, avec les moyens disponibles et en prenant un minimum de risques.

Etape 1. L'identification des cultures possibles en année "zéro"

Pour la (ou les) première(s) année(s), le temps que les améliorations par les systèmes SCV se fassent ressentir, les systèmes de culture doivent permettre la mise en place de plantes de couverture (qui vont contribuer à lever les principales contraintes), mais aussi la production de cultures (la culture pure des plantes de couverture est coûteuse et immobilise la parcelle sans procurer de revenus).



Association Sorgho + Vigna umbellata *à faible densité sur sol pauvre en milieu semi-aride*

En pratique, pour décider des systèmes de culture et des itinéraires techniques qui y sont associés, la première chose à faire est de prendre connaissance du niveau de compaction des sols en profondeur et de la battance sur les parcelles concernées, des risques d'engorgement, de la fertilité initiale et de la disponibilité des moyens pour remonter la fertilité de ces sols.

En se basant sur le tableau de synthèse (Tableau 1. Adaptation des principales plantes cultivées en SCV à Madagascar. Page 14), on peut procéder par élimination pour établir une liste des cultures qu'il est possible de cultiver dans la situation concernée (sol, climat), avec les moyens disponibles. On élimine tout d'abord les plantes qui ne sont pas adaptées au climat, puis celles sensibles à la compaction (si les sols sont compactés), à la battance (le cas échéant), et à l'engorgement/hydromorphie (sur des parcelles à risque). Enfin, parmi les plantes restantes, on peut identifier les cultures qu'il est possible de cultiver et les moyens nécessaires (apports d'engrais, contrôle des adventices, etc.) :

- sur sol compacté, on met en place des cultures tolérant la compaction (système racinaire puissant comme le sorgho ou plantes se satisfaisant d'un enracinement superficiel comme le pois de terre) ;
- sur sol pauvre on utilise des plantes peu exigeantes (manioc, etc.), ou on apporte de la fertilisation (engrais, écobuage) sur des plantes plus exigeantes (en s'assurant d'être dans des conditions permettant une bonne valorisation de l'engrais : risque climatique limité, maîtrise de l'enherbement, etc.) ;
- en cas de forte pression des adventices on utilise des cultures peu sensibles et faciles à désherber, ou on s'assure d'un bon contrôle par sarclage, arrachage et/ou utilisation d'herbicide ;
- en cas de forte pression des insectes, on met en place des cultures peu sensibles (espèces ou variétés résistantes) ou on a recours à des traitements (insecticide sur semences ou en végétation), de même que pour d'éventuelles maladies.



Riz après écobuage
Lac Alaotra

On identifie de la même manière les plantes de couverture utilisables dans ces milieux, avec les moyens disponibles (Tableau 2. Adaptation des principales plantes de couverture utilisées en SCV à Madagascar. Page 15).

Tableau 1. Adaptation des principales plantes cultivées en SCV à Madagascar Climat et caractéristiques des parcelles

	Riz	Maïs	Sorgho, Mil	Blé, Orge	Soja	Arachide	Haricot	Pois de terre	Niébé	Vigna umbellata	Dolique	Cultures maraîchères	Pomme de terre	Manioc	Patate douce	Cotonnier
Adaptation au climat sub-tropical d'altitude gélif (Altitude > 1500 m)			–	●●	●	●	●●	–			–	●●	●●		●	–
Adaptation au climat sub-tropical d'altitude non gélif (Alt. 1200 -1500 m)	●	●	–	●●	●	●	●●	●	●			●●	●●	●	●	
Adaptation au climat de moyenne altitude avec saison sèche (600 - 1100 m)	●●	●●	●	●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●●	●	●
Adaptation au climat tropical humide (Alt . < 500 m)	●●	●		–		●		●	●●					●●		–
Adaptation au climat semi-aride (Alt. < 500 m, précipitations < 800 mm)	–		●●	–	–	●	–	●	●●	●●	●●		–	●		●●
Aptitude à se développer sur sol compacté	–	●	●●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Aptitude à se développer sur sol à faible fertilité (sans apport d'engrais)	–	–	●			●	●	●●	●●	●	●		–	●●	●●	
Tolérance à l'acidité et l'aluminium	●●	–			●	●		●	●		●			●●	●	
Tolérance à la battance		●	●							–				●		
Tolérance à l'engorgement / hydromorphie	●●		–	–	–	–	–	–		–	–	–	–			–
Facilité de contrôle de l'enherbement dans la culture	–	●	●			–			●	●●	●●	–	–			
Conservation de la biomasse en cas de divagation	–			–	–	–	–	–				–	–		–	

●● : Très bon

● : Bon

Vide : Moyen

– : Mauvais

Tableau 2. Adaptation des principales plantes de couverture utilisées en SCV à Madagascar Climat et caractéristiques des parcelles

	Mucuna	Vesce	Stylosanthes	Arachide pérenne	Desmodium	Trèfle	Cajanus	Crotalaire	Avoine	Eleusine	Ray grass	Brachiaria	Kikuyu grass	Radis fourrager	Lupin
Adaptation au climat sub-tropical d'altitude gélif (Altitude > 1500 m)	–	●●	–		●●	●●			●●		●●	●	●●	●	●
Adaptation au climat sub-tropical d'altitude non gélif (Alt. 1200 -1500 m)		●●		●	●●	●●	●	●	●●	●	●●	●	●●	●●	●●
Adaptation au climat de moyenne altitude avec saison sèche (600 - 1100 m)	●●	●●	●●	●●	●		●●	●●	●	●●		●●		●	●
Adaptation au climat tropical humide (Alt . < 500 m)	●	–	●●	●●	–	–			–	●●	–	●●	–		
Adaptation au climat semi-aride (Alt. < 500 m, précipitations < 800 mm)			●		–	–	●	●	–	●	–	●	–		
Aptitude à se développer sur sol compacté		●	●	●	●	●	●●	●●	●	●●	●	●●	●	●	●
Aptitude à se développer sur sol à faible fertilité (sans apport d'engrais)		●●	●●	●			●●	●●		●	●	●●			
Tolérance à l'acidité et l'aluminium		●●	●●	●			●	●	●	●	●	●●		●	●
Tolérance à la battance			●				●●	●●		●	●	●●	●	●	●
Tolérance à l'engorgement / hydromorphie	–	–	●●						–			●		●	
Facilité de contrôle de l'enherbement dans la plante de couverture	●	●●	●●	●	●	●	●	●	●●		●	●●	●●	●	
Conservation de la biomasse en cas de divagation		–	●		–	–	●	●●	–	–					●

●● : Très bon

● : Bon

Vide : Moyen

– : Mauvais

Le choix des cultures, associations et successions

Le choix des systèmes

Etape 2. L'identification des plantes les plus intéressantes pour lever rapidement les principales contraintes agronomiques

On cherche à inclure en priorité dans les systèmes de cultures des plantes aux fonctions agronomiques et environnementales intéressantes et complémentaires, pour lever au plus vite les contraintes agronomiques majeures et entrer rapidement en SCV. Ces fonctions agronomiques (restructuration et enrichissement du sol, contrôle des adventices, etc.) sont cependant remplies plus ou moins rapidement (et plus ou moins efficacement) en fonction des plantes utilisées, des systèmes de culture et des itinéraires techniques. Le tableau 3 (page 18) synthétisant les intérêts agronomiques des plantes cultivées et le tableau 4 (page 19), présentant les intérêts agronomiques des plantes de couverture utilisées en SCV à Madagascar, permettent de sélectionner les plantes capables de produire rapidement une forte biomasse et de lever les principales contraintes agronomiques (compaction, fertilité, enherbement, etc.) :



Manioc + brachiaria sur sol compacté
Lac Alaotra

- sur des sols compactés, on utilise des plantes de couverture au système racinaire très puissant et qui permettent le développement d'une activité biologique importante, en particulier les graminées (les brachiarias par exemple), et certaines légumineuses comme le stylosanthes ;
- l'enrichissement du sol peut se faire par l'utilisation de plantes capables de recycler les éléments nutritifs (potasse, bases, etc.) et/ou de plantes capables de fixer de grandes quantités d'azote, en associations et/ou successions avec des cultures peu exigeantes, ou fertilisées ;
- le contrôle de l'enherbement se fait par production d'une forte biomasse maintenue au sol, et/ou par l'utilisation de plantes aux effets allélopathiques ;
- le contrôle de certains insectes peut se faire par l'utilisation de plantes insecticides ou répulsives (radis fourrager par exemple).

On dispose ainsi de la liste des espèces possibles de cultiver, et des plantes les plus intéressantes pour lever rapidement les contraintes agronomiques majeures.

Etape 3. L'identification des associations et successions techniquement possibles et intéressantes pour lever les principales contraintes agronomiques et produire rapidement une forte biomasse

La dernière étape consiste à déterminer les systèmes de culture qui utilisent au mieux les différentes espèces, pour assurer durablement la production agricole et lever les principales contraintes.

Outre les successions de cultures quand elles sont réalisables, on utilise autant que possible les associations de plantes de couverture avec des cultures peu sensibles aux contraintes agronomiques existantes (que l'on cherche à lever), qui permettent de produire des revenus rapides. On essaye également d'associer des plantes dont l'utilisation est la plus facile possible, de manière à être compatibles avec les moyens disponibles. Enfin, on utilise quand c'est possible des plantes qui produisent des grains consommables et/ou peuvent être partiellement utilisées comme fourrage pour l'alimentation animale. Ces plantes peuvent éventuellement être utilisées en mélanges (en prenant garde de créer des mélanges de plantes qui pourront être contrôlés facilement pour la remise en culture), pour remplir diverses fonctions agronomiques complémentaires.



Forte intensité des cultures sur les sols volcaniques riches des hautes terres

Le choix des cultures, associations et successions

Les facteurs à prendre en compte

Les paramètres à prendre en compte lors du choix des associations/successions sont :

- la longueur de la période de culture, elle même fonction :
  - du climat, qui détermine par la disponibilité en eau et les températures, les périodes de croissance possibles pour les différentes plantes, et
  - de la position sur la toposéquence, et du régime hydrique qui déterminent les possibilités d'accès à l'eau et donc les possibilités de production en dehors de la saison des pluies (et à l'inverse les risques de submersion en saison des pluies) ;
- l'intensité de l'utilisation des sols (nombre de cycles de culture par année), liée à la densité de population et/ou la fertilité initiale des sols, et les besoins en fourrages pour les animaux.

Ces facteurs sont difficilement contrôlables/modifiables et influencent directement les possibilités d'associations ou de successions de cultures.

D'autres facteurs jouent également un rôle important dans les possibilités d'association et de succession de cultures :

- les caractéristiques des cultures et des plantes de couverture, pour les variétés choisies : cycle, vigueur au départ et port (qui déterminent les risques de compétition pour la lumière), photopériodisme éventuel, tolérance au froid et à la sécheresse (qui déterminent les périodes de production possibles), puissance et vitesse de développement du système racinaire (qui influencent les risques de compétition pour l 'eau et les éléments nutritifs) ;
- le niveau de fertilité du sol (y compris les risques de carences en oligo-éléments) qui influence les vitesses de croissance respectives des différentes plantes (et donc la compétition pour la lumière) et qui peut modérer l'incidence de la compétition pour les éléments nutritifs. Un apport d'engrais permet de faciliter la gestion des systèmes et d'augmenter la production de biomasse.

Ces facteurs sont cependant moins déterminants du fait qu'il est possible d'en modérer les effets par le choix d'itinéraires techniques adaptés (choix de variétés aux caractéristiques plus favorables pour ces conditions, fertilisation localisée, décalage du semis, ajustement de l'espacement entre plantes, etc. cf. Volume II. Chapitre 2.).



Ainsi, les possibilités sont directement liées aux zones agro-écologiques. Certaines associations/successions sont possibles dans de nombreuses situations mais plus ou moins faciles à mettre en œuvre, d'autres ne sont possibles que dans certaines conditions climatiques et de sols (cf. Volume I. Chapitre 1. et Volume I. Chapitre 2.).



Association maïs + dolique à forte production de biomasse Hautes terres



Cotonnier après maïs + dolique Sud-Ouest



Riz après maïs + dolique Lac Alaotra

Tableau 3. Intérêts agronomiques des principales plantes cultivées en SCV à Madagascar

	Riz	Maïs	Sorgho, Mil	Blé, Orge	Soja	Arachide	Haricot	Pois de terre	Niébé	Vigna umbellata	Dolique	Cultures maraîchères	Pomme de terre	Manioc	Patate douce	Cotonnier
Décompaction des sols et augmentation du taux de matière organique	–	●	●●		–	–	–		●	●	●	–				
Protection contre l'érosion	–								●	●	●			–	●	
Fixation d'azote	–	–	–	–	●	●	●	●	●	●	●		–	–	–	–
Recyclage et mobilisation des bases et éléments nutritifs		●	●●								●					–
Production totale de biomasse	●	●●	●●	●					●	●	●					
Aptitude à produire durant les périodes marginales (saison sèche, froide)	–	–	–	●	–		●		●	●	●●	●	●	●●	●●	–
Contrôle de l'enherbement et réduction des sarclages, sans recours a l'herbicide	–				–	–			●	●	●	–	–	–		–
Contrôle naturel des insectes	–	–	–									–	–			–
Facilité d'utilisation (production de semences, mise en place, contrôle, etc.)		●	●						●●	●	●●			●	●	–
Production de grains ou tubercules consommables	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●	●●	●●	●●	–
Possibilité d'utilisation en fourrage	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●			●	●	–

●● : Très bon ● : Bon Vide : Moyen – : Mauvais

Tableau 4. Intérêts agronomiques des principales plantes de couverture utilisées en SCV à Madagascar

	Mucuna	Vesce	Stylosanthes	Arachide pérenne	Desmodium	Trèfle	Cajanus	Crotalaire	Avoine	Eleusine	Ray grass	Brachiaria	Kikuyu grass	Radis fourrager	Lupin
Décompaction des sols et augmentation du taux de matière organique		●	●●	●●	●	●	●	●	●	●●	●	●●	●	●	●
Protection contre l'érosion	●	●●	●●	●●	●●	●●			●	●●	●●	●●	●●		
Fixation d'azote	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●		●	–		–		●
Recyclage et mobilisation des bases et éléments nutritifs	●	●●	●●	●	●	●	●	●	●●	●	●	●●	●	●	●
Production totale de biomasse	●	●	●●	●	●	●	●	●●	●	●●	●●	●●	●	●	●
Aptitude à produire durant les périodes marginales (saison sèche, froide)		●●	●	●	●	●	●	●	●●		●	●	●	●	●
Contrôle de l'enherbement et réduction des sarclages, sans recours a l'herbicide	●	●●	●●	●●	●	●	●	●	●●	●	●				
Contrôle naturel des insectes		●●												●●	
Facilité d'utilisation (production de semences, mise en place, contrôle, etc.)		●	●●	–			●	●	●●	●				●	●
Production de grains ou tubercules consommables		–	–	–	–	–	●	–	●	●	–	–	–	–	–
Possibilité d'utilisation en fourrage		●●	●●	●●	●●	●●	●	–	●●	●	●●	●●	●●	●●	

●● : Très bon ● : Bon Vide : Moyen – : Mauvais

Le choix des cultures, associations et successions

Le choix des systèmes

Baiboho : sol alluvial ou colluvial, riche en limons (terme malgache)

Les tableaux de synthèses (tableaux 5 à 9) présentent les associations et successions possibles dans les différentes zones agro-écologiques.

Associations et successions de cultures en climat de moyenne altitude (600 à 1100 m) avec longue saison sèche (Lac Alaotra, Moyen-Ouest)

Dans ce type de climat, de nombreuses cultures et plantes de couverture peuvent être utilisées. La saison sèche marquée rend impossibles les successions intra-annuelles de cultures sur les *tanety,* où seules les associations et les successions inter-annuelles sont possibles. Dans les zones basses (*baiboho*, rizières) en revanche, des plantes à enracinement rapide, capables de se connecter avec la nappe d'eau souterraine (dolique, vesce, etc.) peuvent être installées en succession des cultures principales.



Maïs + Stylosanthes guianensis

Dans toutes les situations, des plantes pérennes (stylosanthes, brachiaria) installées avec la culture principale peuvent être utilisées pour produire de la biomasse en saison sèche (pendant plusieurs mois sans pluies sur les *tanety*, durant toute la saison sèche dans les zones basses).

Dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau (RMME) et sur les *baiboho* qui permettent de réaliser une contre saison, la succession riz/vesce est particulièrement intéressante (contrôle des adventices et forte fixation d'azote par la vesce).

Exemple de choix au Lac Alaotra

Sur les *tanety* moyennement riches et non compactées de la rive Est du lac Alaotra et sur les riches *baiboho*, les paysans cultivent riz et maïs de préférence. Une des principales contraintes est la forte pression des adventices. Il est donc préférable de démarrer le système par du maïs, que l'on peut associer à une plante de couverture (légumineuse) qui enrichira le sol et aidera à contrôler les adventices en produisant une forte biomasse. Si la pression sur la terre est importante (cas des *baiboho*), une légumineuse volubile à graines (Dolique, Niébé, *Vigna umbellata*) aura l'avantage de produire des graines et de permettre la culture de riz dans les résidus de récolte, dès l'année suivante. Si l'espace disponible le permet, on peut préférer associer le maïs à du stylosanthes qui sera laissé en place deux ans, pour permettre la culture de riz dans d'excellentes conditions (contrôle total des adventices, enrichissement du sol) l'année suivante.

Tableau 5 : Possibilités d'associations et de successions intra-annuelles des principales plantes cultivées en moyenne altitude (Lac Alaotra et Moyen-Ouest)

	Soja, Haricot	Arachide, Pois de terre	Dolique	*Vigna umbellata*	Niébé	Mucuna	Vesce	Stylosanthes	Arachide pérenne	Crotalaire, Cajanus	Brachiaria	Eleusine	Avoine	Cultures maraîchères, Pomme de terre
Riz			□	□	+	–	□	++	+	+	+		□	□
Maïs, Sorgho	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++	+	++	□	□
Soja, Haricot			–	–	–	–	+		–	+	+	+	□	
Arachide, Pois de terre			–	–		–		++	–	+	++	+		
Manioc			–	–		–	–	++	+		++			

++ Association très intéressante et facile à réaliser

\+ Association assez intéressante, mais demandant le respect d'un itinéraire technique précis

□ Succession intéressante (possible uniquement dans les zones basses)

Vide : Association ou succession ayant peu d'intérêt et/ou difficile à conduire

– Association ou succession très difficile à gérer ou impossible (plantes non compatibles)

Le choix des cultures, associations et successions

Associations et successions de cultures en climat sub-tropical d'altitude (hautes terres), zones non gélives (1200 à 1500 m)

Sur les Hautes terres malgaches, la principale contrainte à la mise en place de successions de cultures est la saison froide marquée, qui limite les possibilités de production de biomasse, même quand l'eau n'est pas un facteur limitant. En conséquence, seules des plantes "tempérées" (avoine, blé, orge, ray grass, vesce, etc.) permettent de conduire des successions et de produire une biomasse importante durant la saison froide. L'association des cultures avec des plantes de couverture pérennes (stylosanthes, brachiaria, etc.) est également possible, mais la production de biomasse en saison froide est très limitée. Par contre, ces plantes permettent une production de biomasse non négligeable en fin de saison chaude (après la récolte de la culture principale) et dès la sortie de la période de froid, avant la mise en place de cultures.

L'utilisation de plantes pérennes pour la mise en culture en semis direct sur couverture végétale vivante est également une option intéressante. On peut ainsi cultiver des légumineuses sur une couverture vivante de graminées (Kikuyu grass) ou, à l'inverse, des céréales (maïs, riz) sur une couverture vivante de légumineuse pérenne (arachide pérenne, desmodium, trèfle, etc.).

Quand la demande en fourrages est très élevée (zones d'élevage laitier), il est important d'accroître fortement la production de biomasse et de l'exporter de manière raisonnée (restitution de fertilité, maintien d'une quantité suffisante pour des SCV performants, en particulier les premières années, pour "amorcer" la pompe des SCV).

Exemple de choix sur les hautes terres

Sur les *tanety* moyennement riches des hautes terres, la culture de pomme de terre nécessite un apport de fertilisation et produit peu de biomasse, mais elle permet d'obtenir des revenus très intéressants. En écobuant, la fertilité libérée est très élevée et permet par la forte production obtenue d'investir dans une fumure minérale de correction pour les 5 ans suivants. En associant la pomme de terre avec de l'avoine, on peut augmenter fortement la production de biomasse. Cette biomasse peut être partiellement exportée pour l'alimentation des animaux, en prenant garde d'en conserver suffisamment au sol pour permettre le semis direct de riz (qui profitera de l'arrière effet de la forte fertilisation apportée à la pomme de terre) l'année suivante, avec un bon contrôle des adventices (effets allélopathiques de l'avoine).

Tableau 6 : Possibilités d'associations et de successions intra-annuelles des principales plantes cultivées en altitude, zone non gélive (Hautes terres, 1200 à 1500 m)

	Soja, Haricot	Arachide, Pois de terre	Niébé	Vesce	Stylosanthes	Arachide pérenne	Desmodium, Trèfle	Crotalaire, Cajanus	Avoine	Ray grass	Brachiaria	Kikuyu	Radis fourrager, Lupin	Cultures maraîchères, Pomme de terre
Riz			+	□	+	+		+	□		+		+□	□
Maïs	++	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	++□	++
Avoine	□□			+							+	–		++
Blé, Orge		–	–	+		–		–			–	–		
Soja, Haricot		–	–		+			+	+		+	+		
Arachide, Pois de terre			–	–	+	–		+	+	+	□			
Manioc			–	–	++	+								
Patate douce			–	–	–						–			

++ Association très intéressante et facile à réaliser

\+ Association assez intéressante, mais demandant le respect d'un itinéraire technique précis

□□ Succession très intéressante (possible dans tous les milieux)

□ Succession intéressante (possible uniquement dans les zones basses)

Vide : Association ou succession ayant peu d'intérêt et/ou difficile à conduire

– Association ou succession très difficile à gérer ou impossible (plantes non compatibles)

Le choix des cultures, associations et successions

Associations et successions de cultures en climat sub-tropical d'altitude, zones gélives (Hautes terres > 1500 m)

Dans les zones gélives, la contrainte du froid est encore accentuée, ce qui limite les possibilités de cultures. Les très faibles productions du pois de terre, de l'arachide, du niébé ou du manioc rendent ces cultures peu intéressantes. De la même manière, la production de biomasse par des plantes de couverture pérennes (stylosanthes, brachiaria) installées en association dans une culture est trop faible pour alimenter correctement des systèmes en SCV, d'autant plus que ces plantes pérennes peuvent succomber au gel.

Exemple de choix sur les hautes terres

Dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau des hautes terres, les conditions hydriques peuvent permettre la culture de contre-saison, à condition de choisir des espèces peu exigeantes en température et résistantes au gel. On peut ainsi faire succéder au riz une culture de céréale d'hiver (blé, orge, avoine) qui peut aussi être associée à une légumineuse comme la vesce (intéressante pour la fixation d'azote). Outre la production supplémentaire de grains, la contre-saison permet de produire une forte biomasse qui prépare le semis direct de la saison suivante.

Tableau 7 : Possibilités d'associations et de successions intra-annuelles des principales plantes cultivées en altitude, zone gélive (Hautes terres, altitude >1500 m)

	Soja, Haricot	Vesce	Desmodium, Trèfle	Crotalaire	Avoine	Ray grass	Kikuyu	Radis fourrager, Lupin	Cultures maraîchères, Pomme de terre
Riz		□		+	□			+□	□
Maïs	++	+	+	++	+	+	+	++□	++
Avoine	□□	+					–		++□
Blé, Orge		+	–	–			–		
Soja, Haricot				+	+		+		
Patate douce		–							

++ Association très intéressante et facile à réaliser

\+ Association assez intéressante, mais demandant le respect d'un itinéraire technique précis

□□ Succession très intéressante (possible dans tous les milieux)

□ Succession intéressante (possible uniquement dans les zones basses)

Vide : Association ou succession ayant peu d'intérêt et/ou difficile à conduire

– Association ou succession très difficile à gérer ou impossible (plantes non compatibles)

Associations et successions de cultures en climat tropical humide (Côte Est)

En climat chaud et humide, les principales contraintes aux associations ou successions de cultures sont souvent : i) l'excès d'eau (engorgement, submersion), qui réduit les possibilités de cultures, en particulier dans les zones basses et, ii) les sols hydromorphes, et la fertilité chimique très basses des sols, l'acidité très élevée de leur matière organique.

La forte disponibilité en eau et les températures permettent d'associer ou de se faire succéder facilement les cultures sur une parcelle. Cependant, si la production de



Bas-fonds et tanety *sur la côte Est*

Le choix des cultures, associations et successions

Exemple de choix en climat tropical humide

Sur les *tanety* hydromorphes de la côte Est, le riz est la seule culture possible. Afin de rompre la monoculture, il est nécessaire d'introduire une légumineuse dans le système. Seul *Stylosanthes guianensis* supporte ces conditions d'hydromorphie. Le riz peut être associé au stylosanthes qui se développera durant toute l'année. Du riz pourra être ressemé dans la couverture de stylosanthes, soit l'année suivante si la biomasse est suffisante, soit après deux ans de stylosanthes qui aura enrichi le sol et contrôlé les adventices.

biomasse est aisée, la minéralisation de la matière organique sous ces climats est extrêmement rapide et il est indispensable de produire une très forte biomasse tout au long de l'année, pour permettre un bon fonctionnement des systèmes sous SCV.

Tableau 8 : Possibilités d'associations et de successions intra-annuelles des principales plantes cultivées en zone tropicale humide (Côte Est)

	Niébé	Haricot	Pois de terre	Mucuna	Stylosanthes	Arachide pérenne	Brachiaria
Riz	□	□		–	++	+	
Maïs, Sorgho	++	+	+	++	++	+	+
Arbres fruitiers, café						++	
Manioc				–	++	+	+
Patate douce				–			

++ Association très intéressante et facile à réaliser
+ Association assez intéressante, mais demandant le respect d'un itinéraire technique précis
□ Succession intéressante (possible uniquement dans les zones basses)
Vide : Association ou succession ayant peu d'intérêt et/ou difficile à conduire
– Association ou succession très difficile à gérer ou impossible (plantes non compatibles)

Associations et successions de cultures en climat semi-aride avec saison sèche de 7 à 8 mois (Sud-Ouest) ou avec très longue saison sèche et pluies très aléatoires (Grand Sud)

Dans ce type de climat à saison des pluies très courte, les successions de cultures ne sont pas possibles (sauf avec irrigation). La production de biomasse est limitée par la faible disponibilité de l'eau, mais peut être augmentée par des associations de cultures. Celles-ci doivent cependant être conduites selon un itinéraire technique précis afin de limiter les risques de compétition pour l'eau par la plante de couverture, au détriment de la culture. De plus, ces zones sèches sont souvent victimes de fortes attaques d'insectes (criquets, chenilles, foreurs de tiges, etc.) qui peuvent détruire les cultures principales, mais aussi parfois les plantes de couverture.

Exemple de choix en climat semi-aride

Sur les sols sableux du Sud-Ouest, maïs et sorgho sont les céréales dominantes. Toutes deux peuvent être associées à des légumineuses alimentaires, volubiles (ce qui permet d'augmenter fortement la production de biomasse) ou non, qui produisent un revenu supplémentaire. Leur biomasse se décomposant lentement dans ces milieux, le semis direct est possible dès l'année suivante, que ce soit avec les mêmes plantes ou avec du cotonnier (qui est une culture de rente intéressante).

Dans le cas où les risques de divagation d'animaux sont importants, on peut associer les céréales avec de la crotalaire, qui n'est pas consommée et dont la biomasse peut ainsi être maintenue sur la parcelle.

Le choix des cultures, associations et successions

Le choix des systèmes

Si la production de biomasse dans ces milieux est limitée, la minéralisation y est également faible durant toute la saison sèche. Les systèmes SCV peuvent être performants avec une biomasse beaucoup plus faible qu'en climat tropical humide. La décomposition étant faible, il est même possible de construire des systèmes avec une forte production de biomasse une année sur deux seulement, la deuxième année pouvant être consacrée à une production à fort intérêt économique (comme le coton), mais à faible intérêt agronomique du fait de la production de biomasse limitée.

Tableau 9: Possibilités d'associations et de successions intra-annuelles des principales plantes cultivées en zone semi-aride (Grand Sud et Sud-Ouest)

	Arachide, Pois de terre, Pois du cap	Dolique, Niébé, *Vigna umbellata*	Crotalaire, Cajanus	Stylosanthes	Brachiaria	Eleusine
Riz	–	□				
Maïs	+	++	+	+	+	+
Sorgho, Mil	+	++	+	+	+	+
Arachide, Pois de terre		–	+	+	+	+
Manioc		–		+	+	
Cotonnier		–			–	

++ Association très intéressante et facile à réaliser
+ Association assez intéressante, mais demandant le respect d'un itinéraire technique précis
□ Succession intéressante (possible uniquement dans les zones basses)
Vide : Association ou succession ayant peu d'intérêt et/ou difficile à conduire
– Association ou succession très difficile à gérer ou impossible (plantes non compatibles)

Ainsi, pour chaque zone agro-écologique de Madagascar, les tableaux présentant les possibilités d'association ou de succession des principales cultures avec les principales plantes de couverture permettent d'identifier les systèmes les plus intéressants pour lever rapidement les principales contraintes agronomiques. Les successions interannuelles permettent de faire entrer dans les systèmes des plantes d'intérêts agronomiques et/ou économiques variés, permettant de faire évoluer favorablement les sols et les gains des agriculteurs.

Les successions intra-annuelles, faciles à gérer, ne sont possibles que quand la disponibilité en eau et les températures le permettent.

Certaines associations sont faciles à gérer, alors que d'autres nécessitent un itinéraire technique précis (dates, densité, profondeur et espacements de semis, fertilisation éventuellement localisée, choix des variétés, application d'herbicide, etc.), adapté aux conditions de climat, au niveau de fertilité du sol et aux plantes associées.



Plante de couverture (stylosanthes) permettant une amélioration du sol

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Graphisme : Olivier HUSSON, Eloïse GRAND Dessins : RAMAFA Impression : NIAG



Volume II. Chapitre 2

Le choix des itinéraires techniques

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Krishna NAUDIN,
Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON, Hasina ANDRIANASOLO
Célestin RAZANAMPARANY, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Novembre 2009

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
TAFA TAny sy FAmpandroasana
GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar
afd Agence Française de Développement
maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Le choix des itinéraires techniques

1. Le choix des itinéraires techniques les plus adaptés à une situation donnée

L'itinéraire technique est "la combinaison logique et ordonnée des techniques mises en œuvre sur une parcelle en vue d'obtenir une production".

Il comprend ainsi les opérations :

- de préparation de la parcelle (travail du sol éventuel en année "zéro" de préparation des SCV, traitement de la couverture, paillage, écobuage, etc) ;
- de semis (y compris le choix de la variété et le traitement de semences) ;
- d'application de produits phytosanitaires (herbicides, insecticides, fongicides) ;
- de sarclage (en année "zéro") ou d'arrachage des adventices ;
- les apports d'engrais minéraux ou organiques ;
- la récolte ;
- les pratiques post-récolte qui préparent la saison de culture suivante.

Toutes ces opérations sont raisonnées en interactions avec pour objectif d'optimiser les productions (en fonction des objectifs et des moyens), en assurant aux cultures (et éventuellement aux plantes associées) une bonne alimentation hydrique et en éléments nutritifs, en les plaçant dans de bonnes conditions pour capter le rayonnement solaire et en minimisant les attaques des bioagresseurs. L'atteinte de ces objectifs passe en particulier par :

- l'obtention et le maintien d'une bonne structure du sol (qui permet infiltration et stockage de l'eau, et enracinement profond des plantes) ;
- une alimentation régulière et équilibrée en éléments nutritifs ;
- le contrôle des adventices (dont la compétition pour l'eau, les éléments nutritifs et la lumière est très dommageable aux cultures).



Rotation maïs + niébé // riz en semis direct sur baiboho *au lac Alaotra*

Dans les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente (SCV), la gestion de la fertilité (au sens large, y compris la structure du sol et l'alimentation hydrique et minérale), des adventices et des bioagresseurs se fait avant tout par les systèmes de cultures. Ces systèmes sont choisis pour remplir un certain nombre de fonctions écosystémiques et permettre un bon fonctionnement des sols (en particulier sur le plan biologique), assurés par un turn-over important et rapide de la matière organique.

Pour être performants, ces systèmes de cultures doivent produire une forte biomasse (aérienne et racinaire), en particulier les premières années d'entrée en semis direct. Pour cela, les itinéraires techniques doivent s'adapter aux conditions locales (unités agronomiques et caractéristiques des exploitations et des terroirs) afin d'optimiser la production de grains (ou tubercules) et la biomasse totale du système.

Baiboho : sol alluvial ou colluvial, riche en limons (terme malgache)

Ainsi, le choix des systèmes (cf. Volume II. Chapitre 1.) et des itinéraires techniques se fait en interactions : les itinéraires techniques possibles sont fonction des systèmes de cultures puisque les associations et successions de cultures sont déterminants dans le choix des opérations culturales à conduire. Inversement, le choix du système de culture est influencé par les différents itinéraires techniques possibles qui doivent :

- être compatibles avec les moyens qui peuvent être mis en œuvre par les agriculteurs (intrants, travail, risque, etc.) ;
- avoir des performances permettant d'atteindre les objectifs fixés (cf. Volume II. Chapitre 1.) en termes de production (grains, tubercules, fourrages), de coûts, de limitation des risques, mais aussi en termes de production et restitution d'une biomasse suffisante et diversifiée pour permettre un bon fonctionnement agronomique des SCV.

Le choix des itinéraires techniques

Le choix du système de culture et de l'itinéraire technique associé à une situation donnée (unité agronomique et caractéristiques de l'exploitation et du terroir) se fait sur la base de principes de fonctionnement des SCV et de critères et règles de décisions. Ces critères et ces règles s'appliquent de la même manière en première année d'intervention (année "zéro", pour préparer le lit du semis direct sur couverture végétale permanente), et les années suivantes. Cependant, si les critères et les règles de décisions sont les mêmes, les itinéraires techniques qui en découlent en pratique varient fortement. Dans des systèmes SCV installés, sur une forte biomasse, l'essentiel des fonctions écosystémiques est assuré par les plantes et l'activité biologique. Durant l'année (ou les années) de transition, le temps que les systèmes SCV puissent remplir ces fonctions fondamentales, elles doivent être assurées par l'itinéraire technique. Ainsi, après l'année "zéro" (ou les années) de préparation des SCV, les situations rencontrées sont (normalement) différentes du fait de l'action des systèmes installés pour préparer le semis direct, qui ont dû lever les principales contraintes : plus forte disponibilité en biomasse, absence d'adventices vivaces, baisse de la compaction, etc.



Forte production de biomasse par l'association maïs + dolique en année "zéro" de préparation de SCV

Si l'année "zéro" n'a pas permis d'obtenir une structure du sol (en surface et en profondeur) permettant le semis direct, si les plantes vivaces n'ont pas été contrôlées correctement et/ou si la biomasse produite (et maintenue sur la parcelle) n'est pas suffisante pour contrôler suffisamment les adventices, il faut considérer que l'on est toujours en année "zéro" de préparation du semis direct pour décider des systèmes de cultures et itinéraires techniques à appliquer. A l'inverse, si dès le début de l'intervention la structure du sol est bonne et la biomasse disponible est suffisante, on peut se considérer directement en année 1 et effectuer un semis direct sur couverture végétale, sans avoir besoin d'une année "zéro" de préparation.



Tanety : colline (terme malgache)

Ces principes de décision pour le choix des systèmes de culture et des itinéraires techniques associés sont aussi les mêmes que l'on se trouve sur *tanety* ou sur rizières. Les différences dans le choix des systèmes et des itinéraires techniques entre ces deux unités de paysage sont dues au fait que la fertilité des rizières est souvent meilleure, que le régime hydrique y est différent et que la pression des adventices dans les rizières (en l'absence d'une nappe d'eau), est en général plus forte que sur les *tanety*. Il convient donc de prendre des mesures plus efficaces pour les contrôler.

Avertissement

Ce chapitre 2 du volume II du manuel pratique du semis direct à Madagascar présente l'ensemble des informations qui peuvent permettre aux formateurs et aux cadres de la diffusion d'ajuster les itinéraires techniques à la parcelle. La diversité des situations et des systèmes possibles, le nombre important de facteurs à prendre en compte et les multiples interactions font que ce document est complexe. Ce chapitre exige donc une lecture très attentive.

En pratique, la mise en œuvre des systèmes SCV dans une situation donnée est beaucoup moins complexe. Pour une situation donnée, la hiérarchisation des contraintes permet de déterminer les étapes prioritaires de l'itinéraire technique pour solutionner les contraintes les plus limitantes. Il suffit alors de consulter les pages du manuel qui traitent de ces aspects, pour la situation en question.

Pour guider le lecteur, la mise en page donne des repères sur les différentes étapes (onglets de couleur et rappels des titres dans la marge, agencement commun) et chaque grande section se termine par un résumé. De nombreux exemples (dans des encadrés de couleur rouge) illustrent les propos et les principes généraux (présentés dans des encadrés bruns).

La première section de ce chapitre ("le choix des itinéraires techniques les plus adaptés à une situation donnée") présente des rappels d'agronomie générale sur les itinéraires techniques et n'est pas propre aux SCV. L'agronome averti peut la "survoler", en s'intéressant avant tout aux exemples, plus proches de la pratique des SCV.

Le choix des itinéraires techniques

L'ajustement de l'itinéraire technique

L'ajustement de l'itinéraire technique est un point clef qui détermine les performances des systèmes de culture. Chaque opération culturale doit être conduite de manière précise car elle permet d'ajuster les conditions de culture pour les rendre les plus favorables possibles, dans la situation considérée (unité agronomique x caractéristiques de l'exploitation), à laquelle il faut s'adapter car elle est difficilement modifiable. Ainsi, les différentes opérations culturales représentent les "commandes" permettant de "piloter" les systèmes. Un bon "réglage" rend un système performant, alors que des pratiques mal adaptées peuvent rendre le même système, dans la même situation de départ, totalement inopérant.

Même si l'itinéraire technique se raisonne globalement en début de campagne, il doit être en permanence réajusté en cours de culture, pour faire face aux imprévus et s'adapter à la situation réelle dans le champ, à tout moment.

La conduite d'un itinéraire technique performant demande donc un suivi fin et des observations précises, de la souplesse, de la réactivité et une grande capacité d'adaptation.

De même, ces principes sont les mêmes que l'on se trouve sur une parcelle cultivée ou que l'on remette en culture une jachère ou une terre abandonnée. La seule différence réside dans le fait que la flore des parcelles cultivées est en général dominée par des plantes annuelles, alors que les jachères sont la plupart du temps constituées de plantes pérennes et produisent en général une forte biomasse.

Enfin, les itinéraires techniques forment un tout. Les différentes opérations culturales sont en interactions, influençant et étant influencées par les autres opérations.

Le raisonnement d'un itinéraire technique se fait donc :

- dans un ensemble qui se doit d'être le plus cohérent possible pour maintenir des conditions optimales pour les plantes, tout au long de leur cycle (et en préparant la saison suivante) ;
- de manière très précise, en prenant en compte différents facteurs qui déterminent les possibilités, les contraintes et les besoins des différentes opérations culturales ;
- en s'ajustant en permanence à l'évolution des conditions dans la parcelle (adventices, bioagresseurs, etc.).

1.1. Les facteurs à prendre en compte

Le choix de l'itinéraire technique se raisonne pour un système de culture donné. Il se raisonne également pour une situation donnée : les caractéristiques de la parcelle (unité agronomique) et de l'exploitation déterminent largement les contraintes, les besoins et les opportunités. Le choix se fait sur la base d'un diagnostic rapide, qui permet d'identifier et de hiérarchiser les principales contraintes à lever en priorité. Il doit prendre en compte :



*Riz pluvial sur couverture vive d'*Arachis pintoï

- les systèmes de cultures et associations de plantes (page 5) ;
- le climat et le régime hydrique (page 6) ;
- la végétation en place et la pression des adventices (page 8) ;
- la battance des sols, l'induration en surface et la compaction en profondeur (page 9) ;
- le niveau de fertilité du sol (page 10) ;
- la pression des bioagresseurs (page 10) ;
- les objectifs de production (page 11) ;
- les opportunités de commercialisation et les bénéfices attendus (page 11) ;
- les risques d'échec et le niveau de risque acceptable (page 12) ;
- l'accès aux intrants (page 12) ;
- la disponibilité de la force de travail et du matériel (page 13).



Le choix des itinéraires techniques

Les systèmes de culture et les associations de plantes

Les systèmes de culture, et en particulier les plantes à mettre en place, déterminent largement les itinéraires techniques. Les caractéristiques des plantes cultivées comme :

- leur cycle ;
- leur vigueur au départ ;
- leur port (érigé, volubile, rampant) et leur taille ;
- la taille des graines ;
- les possibilités d'implantation par boutures (qui permettent un démarrage plus rapide que par graines) ;
- leur compétitivité par rapport aux adventices (liée à ces caractéristiques et à d'éventuelles aptitudes allélopathiques) ;

ont une influence sur :

- la date de semis ;
- le mode de semis : à la volée, en poquets ou en lignes (x profondeur du semis) ou par boutures ;
- la densité de semis ;
- l'agencement des plantes entre elles dans le cas d'associations.

Ces quatre paramètres du semis sont ajustables en interactions, pour obtenir une mise en place optimale des cultures et des plantes associées.

Les exigences des plantes sur le plan de la fertilité influencent non seulement les besoins en termes de fertilisation, mais aussi les paramètres du semis.

Ces caractéristiques des plantes auxquelles s'ajoute un éventuel potentiel allélopathique déterminent leur aptitude à dominer (ou non) les adventices et donc l'ensemble des modes de contrôle des adventices à mettre en œuvre (précédent cultural, modalités du semis, traitements herbicides, etc.)

Exemples sur les caractéristiques des plantes

Les plantes à grosses graines (comme le niébé ou la mucuna) démarrent généralement plus rapidement que les plantes à petite graines (comme le stylosanthes). Elles permettent une production de biomasse plus importante en un temps réduit, mais peuvent entraîner une concurrence avec la culture en cas d'association.

De même, un brachiaria implanté par bouture démarre beaucoup plus vite que s'il est implanté par graines, et produit plus rapidement une forte biomasse. En association, pour éviter une compétition avec la culture, il doit être bouturé 15 jours plus tard que s'il était semé, ou avec un espacement plus important. Les graines de brachiaria étant capables de germer en profondeur, il est possible de les semer en même temps que le riz en association, à condition de les implanter en profondeur (3-4 cm) pour retarder leur émergence.

Dans une association maïs + brachiaria, la localisation d'engrais au pied du maïs permet de réduire les risques de concurrence par la plante de couverture et donc de semer le brachiaria plus tôt ou plus rapproché du maïs.

Les différentes cultures ont des sensibilités aux bioagresseurs différentes, et nécessitent ou non des traitements phytosanitaires. Les systèmes de culture influencent également les moyens de contrôle des insectes nécessaires : l'insertion dans les associations/successions de plantes avec des effets répulsifs ou insecticides permettant de réduire les besoins, la biodiversité des systèmes permettant de maintenir des équilibres auxiliaires/ravageurs favorables.



Forts dégâts des criquets sur le maïs
Vigna umbellata *indemne*
Sud-Ouest malgache

L'ensemble de ces caractéristiques des plantes cultivées et des plantes de couverture sont propres aux espèces mais aussi aux variétés. Certaines espèces comme le niébé montrent une très forte variabilité variétale ce qui permet et rend indispensable d'ajuster dans le détail les systèmes de culture, en précisant les variétés employées.

Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

Les systèmes de culture et les associations

Le choix de l'itinéraire technique se raisonne donc pour un système de culture précis, et a une influence déterminante sur les performances du système : l'impossibilité de conduire à bien les opérations culturales nécessaires à un système doit conduire à éliminer ce système des choix possibles. Le choix des systèmes de culture fait l'objet du Chapitre 1 du Volume II de ce manuel. Lors de ce choix des systèmes, on doit donc s'assurer que les moyens nécessaires (intrants, travail aux périodes critiques, etc.) sont disponibles pour conduire les itinéraires techniques possibles, dans chaque situation. Dans le cas où les réflexions sur l'itinéraire technique détaillé, pour une situation donnée (parcelle x système de culture choisi) mettent en évidence un blocage qui n'avait pas été identifié lors du choix des systèmes (intrants ou semences des variétés adaptées pas accessibles, main d'œuvre indisponible à une période clef, etc.) et qui ne peut pas être contourné par des adaptations de l'itinéraire technique, il faut revenir sur le choix du système de culture.

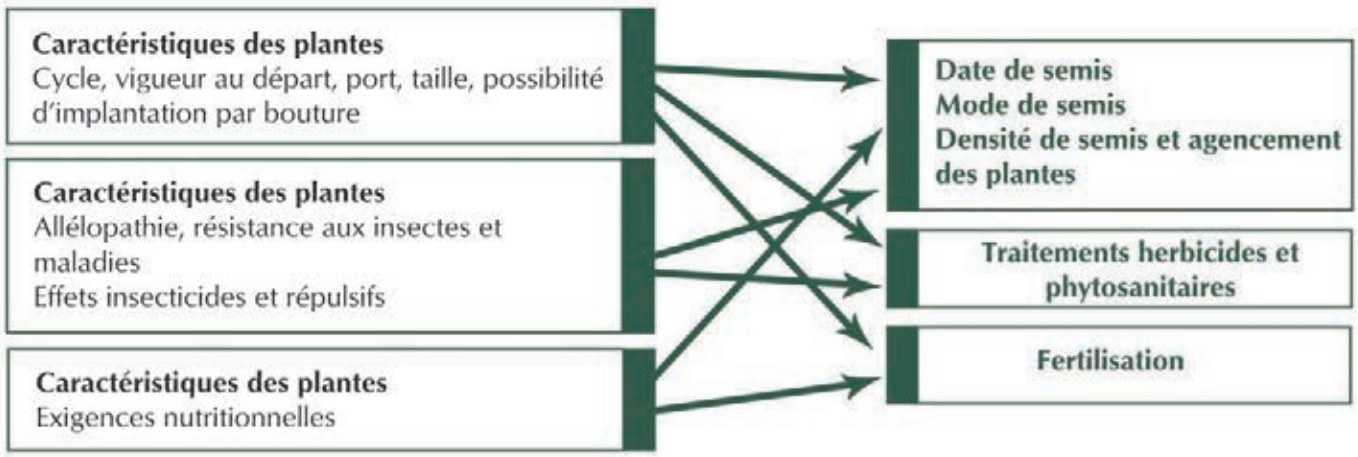
Exemples sur les caractéristiques des plantes

Une variété de niébé érigée comme la variété "David" ne risque pas de faire de compétition pour la lumière à du maïs, contrairement à une variété volubile. Il peut être associé avec du riz pluvial, mais son cycle court fait qu'il doit être géré avec précaution, et ce d'autant plus que la fertilité est limitée et que le riz pousse lentement (semis du niébé décalé de 15 jours par rapport au riz, sauf sur les hautes terres où son cycle s'allonge).

Une plante comme l'avoine, grâce à ses aptitudes allélopathiques permet de réduire fortement la pression des adventices et prépare des parcelles "propres".

Les variétés de riz Sebota 93 ou 101 qui ont un port "fermé" doivent être semées avec un espacement entre lignes plus resserré que la variété Sebota 1 qui a un port plus étalé et en conséquence qui couvre le sol et fait de l'ombre aux adventices plus rapidement.

Sur les hautes terres malgaches, le radis fourrager permet de réduire fortement la pression d'*Heteronychus sp.* sur la culture suivante, et de supprimer le traitement insecticide des semences.



Le climat et le régime hydrique

Le climat et le régime hydrique

Le climat (précipitations et températures) et le régime hydrique (engorgement, inondation, position et mouvements de la nappe phréatique, remontées capillaires, possibilités d'irrigation et de drainage) déterminent les périodes de culture possibles. Ils ont donc une forte incidence sur les systèmes possibles, mais également sur les itinéraires techniques à mettre en place. Ils influencent fortement la date de semis des cultures et des plantes de couverture qui doit permettre une bonne alimentation en eau tout au long du cycle (sans manque et sans excès que les plantes ne supporteraient pas), et des températures permettant le bon développement des plantes. L'installation d'une plante de couverture dans une culture doit se faire au moins deux mois avant la fin (estimée) des pluies et/ou l'arrivée de la saison froide pour que la couverture puisse s'installer correctement. Plus la saison des pluies/chaude est courte, plus la culture et la plante de couverture doivent être cultivées ensemble, et moins

Le choix des itinéraires techniques

le décalage du semis de la plante de couverture est possible. La cohabitation des plantes se gère alors avant tout par la disposition dans l'espace (densité de semis mais aussi agencement des plantes, en doubles rangs par exemple) et un apport localisé d'engrais. De plus, l'association d'une plante de couverture avec une culture dans un milieu à faible pluviométrie doit se faire de manière à éviter une trop forte compétition pour l'eau, et donc avec des densités faibles.

Les facteurs à prendre en compte

Le climat et le régime hydrique

Ainsi, le climat et le régime hydrique influencent directement :

- le calage des cycles (date de semis et variété) ;
- la densité de semis et l'agencement des plantes entre elles ;
- les besoins en irrigation et/ou drainage quand ils sont possibles ;
- les besoins pour la préparation des couvertures : date d'application des herbicides dans les climats à saison sèche, mode de contrôle des couvertures dans les climats gélifs (besoins et doses d'herbicide).

Ils influencent dans une moindre mesure, car indirectement :

- le mode de semis (pour permettre le semis à une date particulière) ;
- la fertilisation à apporter. D'une part, elle doit être adaptée pour obtenir une production de biomasse suffisante pour permettre un bon fonctionnement des SCV (le climat influençant à la fois le potentiel de production et la vitesse de minéralisation). D'autre part, le risque climatique a une grande influence sur la rentabilité d'un apport d'engrais coûteux ;
- les méthodes de lutte contre les adventices à mettre en œuvre (le type de flore et la pression des adventices étant influencés par le climat et le régime hydrique).

L'irrigation quand elle est possible, permet de lever (au moins partiellement) les contraintes hydriques et de s'affranchir de la principale contrainte climatique. Elle offre de nombreuses possibilités d'associations et de successions de cultures, permettant d'implanter les cultures sur une période plus longue. Elle permet également de lutter contre l'enherbement (irrigation par submersion) et certains insectes. On cherche, dans ce cas, à optimiser les productions, pour couvrir les coûts élevés de cette pratique, en adaptant la fertilisation en particulier.

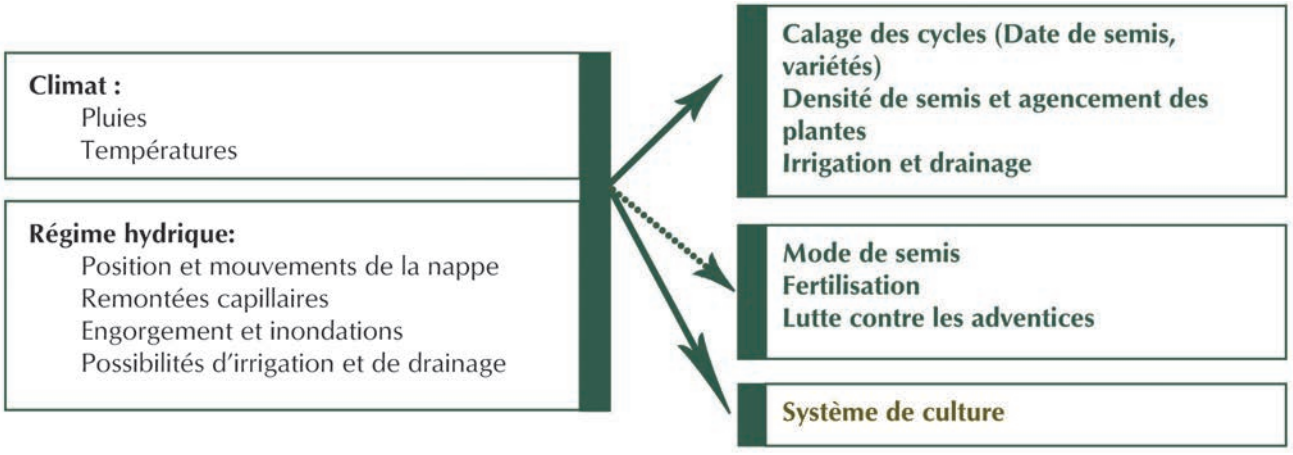
Exemples de l'influence du climat

Dans le Sud-Est humide, le système associant manioc et brachiaria sur des sols compactés permet de doubler facilement les rendements du manioc et est très facile à gérer, le brachiaria pouvant être semé avant, pendant ou après la plantation du manioc. Au lac Alaotra et encore plus dans le Sud-Ouest, du fait de la saison sèche marquée, le même système exige une implantation du brachiaria quelques mois après le manioc, en début de saison des pluies (faute de quoi une compétition forte du brachiaria pour l'eau peut entraîner une baisse de la production de manioc).

Sur les hautes terres, il est possible de semer de l'avoine à la volée dans le soja avant qu'il ne perde ses feuilles (plutôt qu'en poquets après la récolte). Cette pratique permet une meilleure production de biomasse par l'avoine avant l'arrivée de la saison froide.

Toujours sur les hautes terres, mais dans les rizières, un drainage en fin de saison des pluies permet d'implanter plus rapidement de la vesce (qui ne supporte pas l'engorgement), et ainsi d'augmenter considérablement sa production.

Dans le Sud-Ouest, la forte incertitude climatique rend difficile car risqué l'investissement dans des engrais. Un semis très précoce réduit ce risque et accroît l'intérêt d'apporter une fertilisation. A l'inverse, l'apport d'engrais est trop risqué quand le semis est tardif.



Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

La végétation et la pression des adventices

La végétation en place et la pression des adventices

L'étude de la flore en place est déterminante dans le processus de décision concernant les itinéraires techniques. Elle suppose une connaissance des principales espèces présentes dans les différents milieux à Madagascar (cf. Annexe 1.) et donne des indications sur le milieu (fertilité des sols, compaction, régime hydrique, etc.). Le type de flore et la quantité de biomasse disponible sont déterminants dans le choix de l'itinéraire technique, et en particulier :

- la préparation des parcelles, à ajuster en fonction de la biomasse disponible et de l'abondance et du type de plantes vivaces ;
- l'ensemble des pratiques (en interactions) visant à contrôler les adventices : choix du système de culture, préparation de la parcelle, modalités du semis (variété, date, densité, etc), traitements herbicides, mise en eau, etc.

La présence de plantes vivaces et la pression des adventices annuelles (très forte dans certains milieux comme les rizières à mauvaise maîtrise d'eau) doivent être connues afin de gérer au mieux leur contrôle. Il est en particulier indispensable de connaître le type d'adventices présentes (graminées comme l'*Ischaemum rugosum* par exemple, cypéracées ou plantes à feuilles larges) ainsi que les herbicides applicables en fonction des cultures, et leur action sur les différentes plantes.

Exemples de l'influence de la végétation

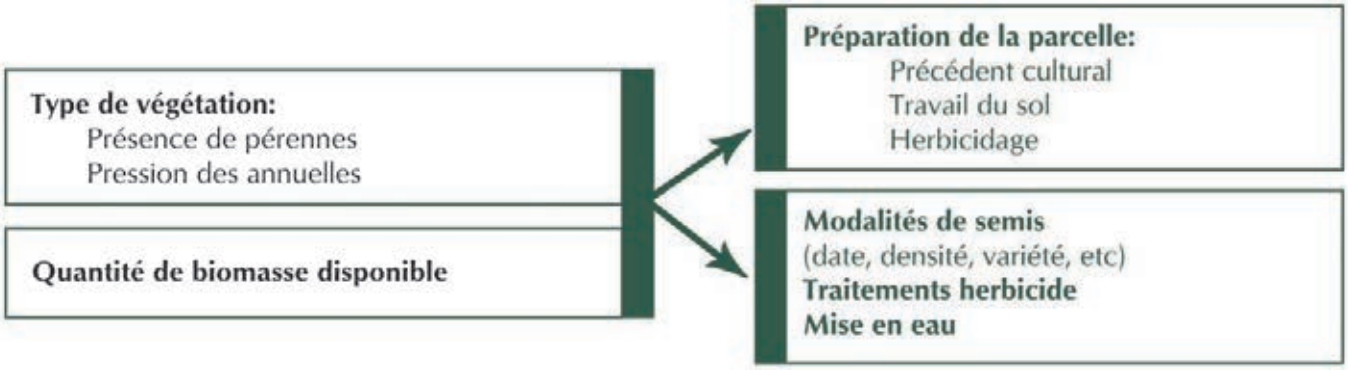
La présence de plantes vivaces, comme le *Cynodon dactylon*, rend nécessaire l'utilisation d'un herbicide total, même en cas de travail du sol. Lorsqu'elles sont bien développées, ces plantes vivaces sont souvent indicatrices d'un sol bien restructuré (sous l'effet de leur système racinaire puissant), qui peut être mis en culture directement sans travail du sol.

La mise en place des cultures à travers un paillage épais, constitué de plantes de couverture qui excluent les autres espèces, permet une bonne maîtrise des adventices sans autre mesure particulière de contrôle. Quand la plante de couverture utilisée peut être contrôlée mécaniquement (comme le *Stylosanthes guianensis*), les systèmes permettent une maîtrise des adventices sans herbicide, avec des temps de travaux réduits à la préparation de la couverture végétale.

La présence dans les environs d'une forte biomasse disponible (jachères non brûlées) peut permettre un paillage de la parcelle en année "zéro" ou un écobuage.



*Forte infestation d'*Ischaemum rugosum *en rizière*
Photo K. Naudin



Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

La battance, l'induration et la compaction

La battance des sols, l'induration en surface et la compaction en profondeur

Des sols riches en particules fines, mais non colloïdales, ont tendance, sous l'impact de la pluie, à former une fine croûte en surface (dite "croûte de battance"). Par ailleurs, des sols très destructurés (en particulier après un travail du sol avec émottage fin) peuvent, après des fortes pluies, s'indurer en surface sur plusieurs centimètres. Dans un cas comme dans l'autre, il en résulte une induration en surface, créant une couche imperméable et très asphyxiante.

Les phénomènes de battance et d'induration en surface déterminent avant tout les besoins en travail du sol. Au contraire de la compaction (en profondeur) qui est un état relativement stable ou qui évolue lentement, la battance ou l'induration en surface créent un état qui évolue rapidement et conduit à l'asphyxie des cultures. Des sols (non battants) qui paraissent très indurés en surface durant la saison sèche peuvent évoluer très rapidement avec les premières pluies et perdre leur caractère induré avant le semis. Inversement, un sol travaillé avant le semis peut rapidement s'indurer avec les premières pluies. Il est donc important d'évaluer le niveau d'induration des sols que l'on a au moment du semis pour décider si le travail du sol est nécessaire ou non. Le maintien d'une couverture végétale sur la parcelle permet de contrôler ces phénomènes qui disparaissent donc rapidement en semis direct.

En ce qui concerne la compaction en profondeur, elle peut éventuellement être levée par un sous-solage. Une telle pratique nécessite cependant des moyens considérables (tracteur puissant ou bulldozer, sous-soleuse, très rares à Madagascar), et est très coûteuse. Il est préférable de lever cette contrainte en choisissant des systèmes qui incluent en priorité des plantes capables de décompacter naturellement les sols, par la puissance de leur système racinaire et leur faculté à relancer l'activité biologique.

Exemple sur la battance

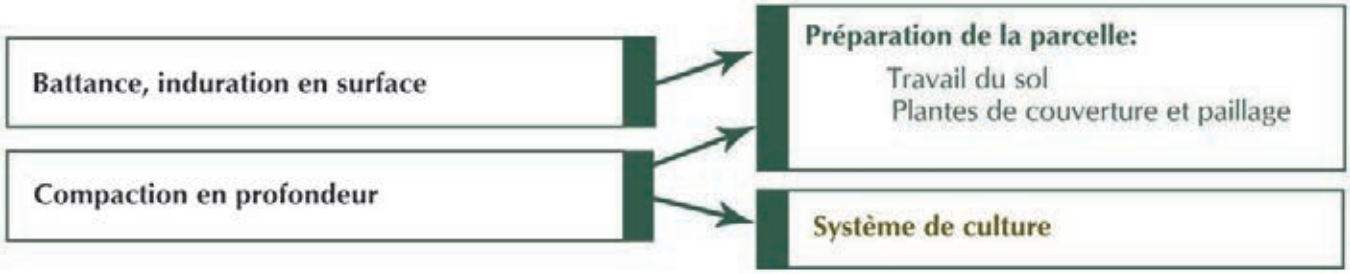
Les paysans du lac Alaotra connaissent bien le phénomène de battance, en particulier sur *baiboho*. Ils savent que dans ces situations le travail du sol (grossier, de façon à ne pas le destructurer) est indispensable, et cherchent à casser la croûte de battance en permanence. Ils effectuent un travail du sol avant semis (au minimum, par un travail du sol au niveau des poquets pour les cultures de contre-saison après riz irrigué), et lors des sarclages.



Travail superficiel sur sol battant pour casser la croûte
Photo : K. Naudin

Exemple sur la compaction

La compaction du sol limite l'enracinement en profondeur des plantes, en particulier celles nécessitant une bonne macroporosité comme le riz pluvial. Outre l'impact sur la nutrition des plantes, un faible enracinement rend les cultures extrêmement sensibles à la sécheresse. Il est en conséquence risqué d'implanter du riz pluvial sur un sol compacté dans un milieu à saison des pluies courte, comme dans le Moyen-Ouest malgache.



Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

Le niveau de fertilité du sol

Le niveau de fertilité du sol

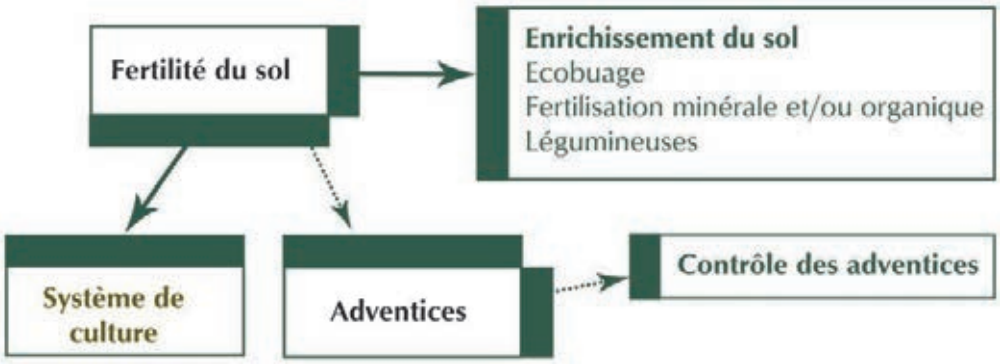
Le niveau de fertilité du sol a un impact direct sur les cultures possibles et les niveaux de fertilisation (y compris en oligo-éléments) à apporter (pour une culture donnée et un objectif de rendement donné). Il influence également de manière directe la densité de semis optimale.

Par son influence sur le type de flore et la pression des adventices, il influence indirectement les moyens à mettre en oeuvre pour le contrôle des mauvaises herbes.

Exemples de l'influence de la fertilité

Le riz et le maïs, qui sont des plantes exigeantes, ne peuvent pas être cultivées sur sols pauvres sans pratique permettant de remonter la fertilité : écobuage, biomasse importante à forte biodiversité fonctionnelle dont présence de légumineuse, fertilisation minérale, etc.

Sur les riches *baiboho* du lac Alaotra, la pression des adventices comme les cyperus est particulièrement forte. Elle compromet la culture du riz si des mesures efficaces de contrôle ne sont pas prises.



La pression des bioagresseurs

La pression des bioagresseurs

La pression des bioagresseurs (insectes terricoles et/ou foliaires, champignons, rats et limaces, etc.) peut rendre nécessaires des moyens de lutte particuliers (choix des systèmes, choix de variétés tolérantes ou résistantes, traitement de semences, traitements foliaires en végétation, utilisation d'entomopathogènes, mise en eau, etc.).

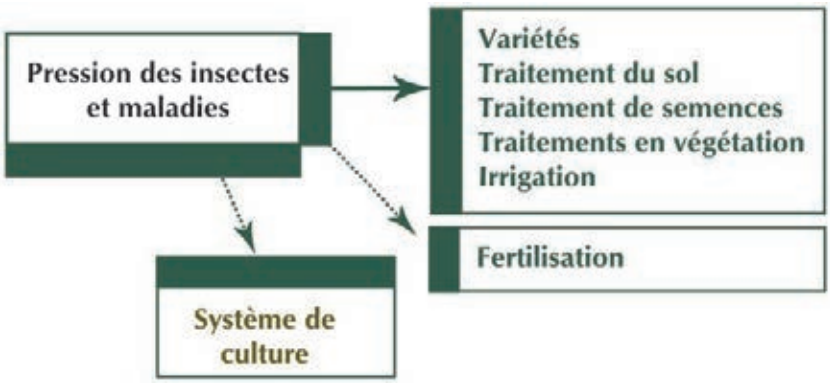
Indirectement, la pression des bioagresseurs influence le niveau d'intensification : l'apport d'engrais chimiques en particulier n'est rentable que si le contrôle des bioagresseurs peut être assuré convenablement.

Exemples de l'influence des insectes

La pression d'*Heteronychus sp.* est particulièrement forte dans les parcelles en bordure de plaines, en début de saison des pluies (quand les insectes fuient la montée des eaux des parcelles en aval). L'insertion dans les systèmes de radis fourrager ou de vesce permet de baisser fortement cette pression, tout comme l'utilisation d'entomopathogènes comme *Metarhizium anisopliae*.



Foreur de tige sur maïs
Photo : L. Séguy



Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

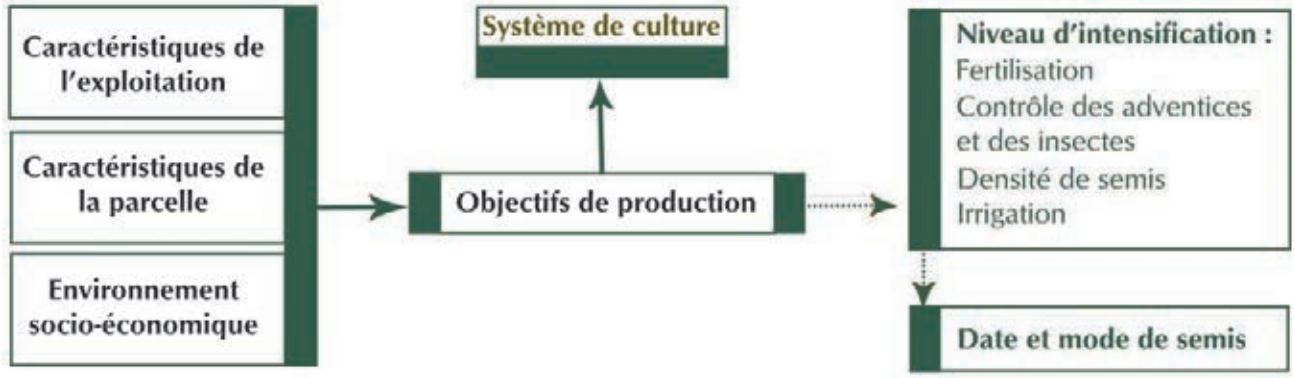
Les objectifs de production

Les objectifs de production

L'objectif de production (niveaux de production visés), et donc les systèmes de culture choisis et le niveau d'intensification souhaité, déterminent directement le niveau de fertilisation à apporter, les variétés, les densités de semis ainsi que les modes de contrôle des adventices et des insectes. Cet objectif de production est lui même fonction de la situation de l'exploitant et donc de ses moyens, des caractéristiques de la parcelle, de la pression des adventices, des insectes et des pestes, mais aussi de l'intérêt qu'il y a à prendre le risque d'intensifier (niveau du risque, possibilités et conditions de commercialisation, etc.) et de la propension de l'exploitant à courir des risques.

Exemples sur les objectifs de production

Au lac Alaotra, en réponse à la chute du prix du maïs (liée à l'augmentation de la production), les paysans ont réduit leurs objectifs de production (et en conséquence les apports d'intrants), sauf ceux qui étaient en mesure de valoriser le maïs par l'élevage de porcs.



Les opportunités de commercialisation

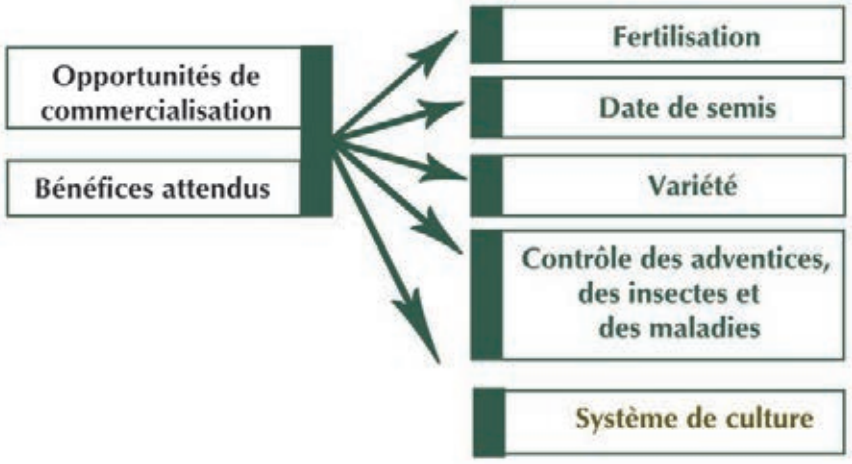
Les opportunités de commercialisation et les bénéfices attendus

Les opportunités de commercialisation influencent le choix des systèmes de culture, mais aussi l'itinéraire technique. Il peut être extrêmement intéressant de décaler des cycles de cultures et/ou d'utiliser des variétés à cycle court pour permettre une production à une période (de soudure) où les prix de vente sont particulièrement intéressants (ou les besoins pour l'autoconsommation sont forts) et compensent largement une éventuelle baisse de production. De même, la production de semence (parfois en contre-saison) peut être une opportunité de recettes qui peut justifier d'un investissement important et de décaler les cycles de culture.

Exemples sur les bénéfices attendus

Dans le Sud-Est malgache, le semis de riz pluvial de cycle court (type B22) dans les bas fonds permet une récolte dès le mois de janvier, en pleine soudure, quand les prix du riz sont très élevés.

Un métayer, qui doit donner une partie de sa récolte au propriétaire (souvent 30 à 50 %) ne retire qu'une partie du bénéfice d'un apport d'engrais (toujours risqué) et n'a intérêt à investir que si les gains de rendement espérés sont très importants. De même, l'achat d'intrants à crédit en abaisse les bénéfices, en particulier quand les taux sont élevés comme à Madagascar où le crédit sur une campagne "coûte" plus de 15 à 20 %.



Le choix des itinéraires techniques

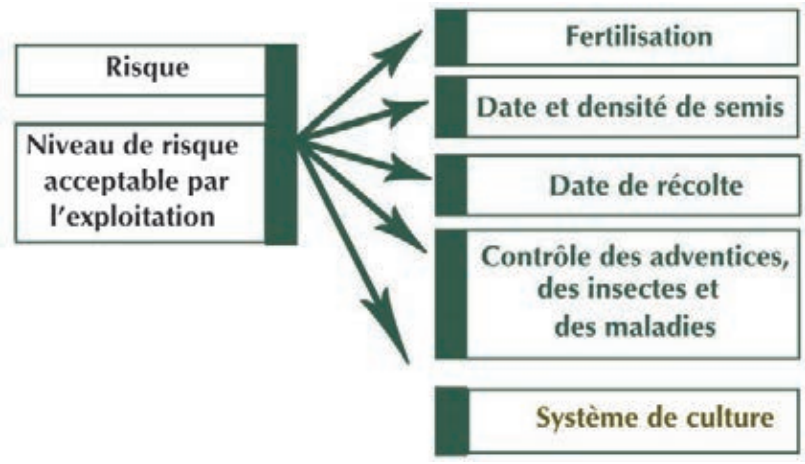
Les facteurs à prendre en compte

Les risques d'échec

Les risques d'échec et le niveau de risque acceptable

Les risques d'échec encourus et le niveau de risque supportable par l'exploitation sont des facteurs clefs dans la prise de décision sur les systèmes de culture, le choix des niveaux d'intensification et des itinéraires techniques (calage des cycles et récolte en particulier). Ces risques peuvent être de tous ordres : climatique (sécheresse, grêle, cyclone, etc), phytosanitaire (attaques d'insectes incontrôlables, maladies fongiques, etc.), technique (non respect d'un itinéraire technique du fait de contraintes imprévues, etc), sécuritaire (vols), foncier, etc.

Les stratégies des paysans sont la plupart du temps basées sur la minimisation des risques, et ce d'autant plus que leur situation est précaire et que leur faculté à supporter un échec est faible. Pour les exploitations qui peuvent se permettre de prendre un risque, plus les espérances de gains sont élevées, plus le risque accepté est élevé.



Exemples sur le risque

Sur les hautes terres, les paysans plantent souvent le manioc à très forte densité (30 cm x 30 cm) et récoltent des petits tubercules dans le but d'augmenter le temps de récolte, ce qui rend moins attractifs et plus risqués les vols sur pied avant récolte, fréquents aux abords des villes.

Autour d'Antsirabe, certains paysans récoltent le riz avant sa maturité complète pour éviter les risques qu'un orage de grêle (fréquents à cette période) ou que les vols sur pied avant récolte ne leur fassent perdre une part importante de leur production.

Dans le Sud-Est où le risque cyclonique est important de janvier à avril, période de culture traditionnelle du riz dans les bas-fonds, il est possible de faire un riz de cycle court en conditions pluviales dès le mois de septembre, qui sera récolté avant la période cyclonique.

Au lac Alaotra et dans le moyen-Ouest où la saison des pluies est relativement courte, l'investissement dans des engrais est une prise de risque qui peut s'avérer très rentable, à condition de réaliser le semis dès les premières pluies (limitant ainsi fortement le risque climatique) et de contrôler les insectes terricoles et les adventices. Si le semis est tardif et que les insectes et les adventices ne sont pas maîtrisés, la prise de risque est trop importante et n'est pas recommandée.

L'accès aux intrants

L'accès aux intrants

Les possibilités d'accès aux intrants (disponibilité, coût et moyens d'achat) ont également un impact direct sur l'itinéraire technique (et le choix du système). L'accès aux engrais détermine directement les possibilités de fertilisation, l'accès aux herbicides influence directement les modes de préparation de la parcelle et de contrôle des adventices, et l'accès aux pesticides influence les possibilités de contrôle des bioagresseurs.

La nécessité d'avoir recours au crédit pour financer les investissements (engrais en particulier) fait baisser le bénéfice d'une éventuelle intensification et la rend moins attractive.

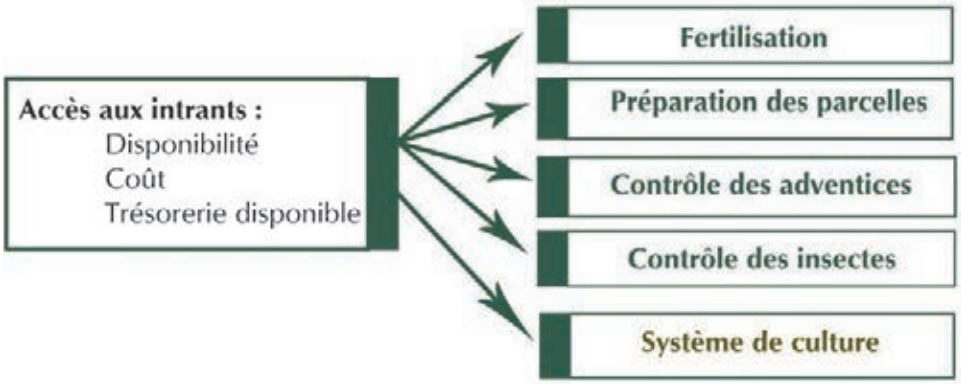
Exemples sur l'accès aux intrants

L'impossibilité d'avoir accès à de l'engrais pour cultiver du riz sur un sol pauvre rend nécessaire le recours à l'écobuage (ne demandant pas d'investissement financier si la main d'œuvre et la biomasse sont disponibles) pour cultiver du riz.

Dans tout Madagascar, l'accès à un herbicide total (type glyphosate) permet de cultiver (des légumineuses de préférence) en semis direct sur une couverture vivante de *Cynodon dactylon*, sans travail du sol et avec très peu de désherbage.

Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte



La force de travail et le matériel

La disponibilité de la force de travail et du matériel

La disponibilité de la force de travail aux périodes clefs (préparation de la parcelle, semis, désherbage, récolte) détermine largement les pratiques culturales (mode et date de préparation des parcelles et de semis, mode de contrôle des adventices : semis à la volée plutôt que repiquage ou semis en lignes pour réduire le temps de travail au semis, semis en lignes ou en poquets ou utilisation d'herbicides pour réduire les temps de désherbage, etc.).

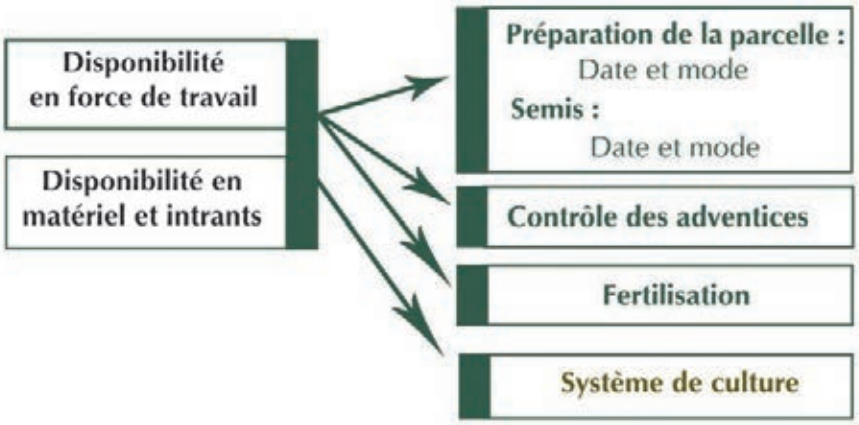
Indirectement, l'impossibilité d'assurer certaines tâches (préparation de la parcelle, désherbages) à temps, du fait d'un manque de force de travail (et/ou de moyens de financer de la main d'œuvre salariée) ou de matériel, influence le niveau de fertilisation à apporter, et même le choix des systèmes.

En cas de faible disponibilité en main d'œuvre (familiale ou salariée), du matériel adéquat peut permettre de réduire fortement les temps de travaux (semoirs, sarcleuses, rouleaux à cornières, etc.). Il en va de même pour l'utilisation d'intrants (herbicides en particulier) ou la mise en eau pour le contrôle des adventices, quand cela est possible.

Exemples sur la force de travail

Sur les hautes terres où les agriculteurs donnent la priorité aux rizières (qui assurent en général leur production en riz), le riz pluvial est souvent semé très tard (une fois la mise en place des rizières terminée). Le semis direct dans la paille peut se faire à sec, avant l'arrivée des premières pluies, et permet ainsi un démarrage très précoce des cultures pluviales, sans retarder la mise en place dans les rizières.

Dans le moyen Ouest, où les agriculteurs disposent de surfaces assez importantes (souvent 5 à 10 ha, en culture manuelle), la préparation d'un paillage de stylosanthes se fait en fin de saison sèche, à une période où la main d'œuvre est disponible. Elle réduit très fortement les travaux de désherbage et permet de maintenir des parcelles propres, malgré la faible disponibilité de la main d'œuvre durant la période de culture.



Interactions entre facteurs et opérations culturales

1.2. Interactions entre facteurs et opérations culturales. Choix des itinéraires techniques

Le choix des itinéraires techniques possibles pour un système donné se fait sur la base de ces différents facteurs en interactions. Certains facteurs ont une influence directe sur l'itinéraire technique (l'accès aux intrants par exemple), alors que d'autres ont un effet indirect (le climat par exemple, qui influence la flore adventice, et joue donc indirectement sur le mode de contrôle des adventices à mettre en œuvre). Certains facteurs peuvent être maîtrisés (l'apport de fertilisation par exemple pour remonter la fertilité d'une parcelle) alors que d'autres sont difficilement contrôlables (comme le climat). L'ajustement de l'itinéraire technique se fait sur la base d'une hiérarchisation des facteurs les plus importants pour chaque situation, en utilisant les facteurs maîtrisables pour s'adapter aux paramètres non contrôlés.

Le choix des itinéraires techniques

Les facteurs à prendre en compte

Interactions entre facteurs et opérations culturales

De manière générale, l'itinéraire technique doit permettre d'assurer un certain nombre de fonctions agronomiques la (ou les) première(s) année(s), le temps que ces fonctions soient assurées par les plantes multifonctionnelles et la forte activité biologique. Une fois les systèmes en SCV bien installés, l'itinéraire technique est plus simple. Les fonctions agronomiques sont alors assurées principalement par les plantes et l'activité biologique. Ainsi, même si les critères et règles de décisions sont les mêmes dans les deux cas, l'itinéraire technique est très différent entre la (ou les) première(s) année(s) de préparation des SCV, et les années suivantes, sur des systèmes SCV bien installés :



Restructuration du sol en profondeur par les racines d'éleusine

- la structure du sol est assurée par l'activité biologique dans des systèmes installés en SCV. Par contre, un travail mécanique du sol est souvent nécessaire l'année "zéro" de préparation des SCV ;
- la préparation de la parcelle en année "zéro" doit permettre le contrôle des adventices vivaces alors qu'une fois les systèmes SCV installés, elle se limite au contrôle de la couverture végétale ;
- le contrôle des adventices annuelles en année "zéro" exige un certain nombre de mesures associant différentes pratiques (labour, paillage, semis précoce, espèces et variétés capables de couvrir rapidement le sol, forte densité de semis, utilisation d'herbicides sélectifs des cultures ou d'herbicides totaux appliqués localement et/ou arrachages, etc.) alors qu'il est assuré avant tout par la couverture végétale dans des systèmes SCV installés, et ne demande plus qu'un travail minime. Dans tous les cas, le sarclage des parcelles est à éviter autant que possible car il perturbe le sol et repositionne les graines d'adventices dans de bonnes conditions pour leur germination. Cependant, dans certaines conditions de contraintes fortes pour le contrôle des adventices en année "zéro", le sarclage peut être la seule solution à la disposition des agriculteurs. Il doit alors être réalisé en essayant de limiter autant que possible la perturbation du sol.
- la fertilité doit être restaurée par différents moyens (fumure minérale ou organique, amendements, écobuage, "pompes biologiques", etc.) les premières années de préparation du semis direct, alors qu'elle est simplement gérée dans des systèmes SCV bien installés (compensation des exportations par les récoltes/fourrages) ;
- une fois qu'un équilibre écologique s'est instauré et que les plantes bénéficient d'une meilleure alimentation hydrique et en éléments nutritifs dans des systèmes SCV bien installés, les mesures de contrôle des bioagresseurs (et tout particulièrement les traitements phytosanitaires) sont moins nécessaires que durant les premières années.

L'itinéraire technique pour une parcelle donnée forme un tout, dont les différentes composantes (préparation de la parcelle, semis, application de produits phytosanitaires, fertilisation, récolte) sont liées, influençant et étant influencées par les autres composantes de l'itinéraire technique.

Même si l'agriculteur s'engage vers un itinéraire technique planifié à l'avance, la mise en œuvre sur un cycle de culture complet doit s'adapter en permanence pour faire face aux improndérables. Il doit permettre aux plantes cultivées de se développer dans les meilleures conditions possibles : accès à la lumière, à l'eau et aux éléments nutritifs, sans compétition des adventices ni attaques fortes d'insectes ou de maladies. L'itinéraire technique doit ainsi être ajusté régulièrement, ce qui demande un suivi précautionneux et une forte réactivité.

Chaque étape de l'itinéraire technique offre plusieurs possibilités et doit être ajustée en fonction :

- de l'itinéraire technique global ; et
- de l'état de la parcelle et des cultures après la réalisation effective des étapes précédentes.

Le choix des itinéraires techniques

2. La préparation des parcelles avant semis

La préparation des parcelles a pour objectif de permettre un semis dans des conditions optimales, pour une bonne germination et une bonne croissance des jeunes plantes. C'est en particulier une étape clef dans la lutte contre les mauvaises herbes qui doit permettre une installation dans des parcelles "propres", exemptes d'adventices en végétation.

La préparation des parcelles

La fertilité du sol (et les moyens de l'améliorer), les cultures choisies et les objectifs de production peuvent amener à faire un écobuage, qui permet de remonter la fertilité et tient lieu de préparation de la parcelle (avec un travail du sol localisé mais profond et qui lève en partie une éventuelle compaction du sol en profondeur).

La préparation des parcelles : l'écobuage

La pratique de l'écobuage est une alternative intéressante pour cultiver des plantes exigeantes sur un sol pauvre, ou pour atteindre des objectifs de production élevés en minimisant les intrants chimiques, à condition que main d'œuvre et biomasse soient disponibles.

En l'absence d'écobuage la préparation de la parcelle peut nécessiter (ou non) un travail du sol en année "zéro" de préparation des SCV.

Dans des systèmes SCV installés, le travail du sol doit être évité à tout prix car il fait rapidement perdre les améliorations obtenues par la pratique du semis direct. La préparation de la parcelle se limite alors au contrôle de la couverture végétale.

Dans tous les cas, le premier facteur qui détermine les possibilités et les besoins pour la préparation de la parcelle est la quantité de biomasse disponible, qu'on peut estimer visuellement.

La préparation des parcelles : la biomasse disponible

Biomasse disponible importante :

Pas de travail du sol : contrôle de la couverture végétale par utilisation d'herbicide, décapage à l'*angady*, fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage.

La production de biomasse en bordure de parcelle ou dans des parcelles voisines non cultivées permet d'importer facilement une forte biomasse et ainsi d'amorcer rapidement la "pompe" du semis direct, même sur des sols pauvres. Cette biomasse peut aussi être utilisée pour l'écobuage.

Biomasse disponible faible (en année "zéro" de préparation du semis direct) :

- travail du sol, pour réduire la pression des adventices ; ou
- contrôle de la couverture végétale par utilisation d'herbicide, décapage à l'*angady*, fauche, passage d'un rouleau ou gyrobroyage, pour un semis direct de cultures permettant un contrôle facile des adventices. Prévoir un contrôle des adventices en cours de végétation (herbicide de post-levée, arrachage manuel, mise en eau, etc.).

Les seuils : En dessous de 5 t/ha de matière sèche (environ 5 fois plus en matière verte), la couverture du sol est souvent insuffisante pour un bon contrôle des adventices. A partir de 7 t/ha de matière sèche la couverture du sol est en général suffisante pour une bonne maîtrise des adventices (sauf si la couverture est faite à partir de céréales à grosses tiges uniquement, comme maïs ou sorgho). Ce contrôle des adventices tout au long du cycle de culture dépend cependant de nombreux paramètres :

- la qualité de la biomasse et donc sa vitesse de décomposition : décomposition rapide pour un C/N bas comme des feuilles de mucuna, lente pour un C/N élevé comme des cannes de sorgho ;
- le type de paille et la structure du paillage : les pailles fines (brachiaria, aristida, etc.) couvrent mieux le sol mais se décomposent plus vite que les grosses pailles (tiges de sorgho ou maïs) ou que les paillages à structure feuilletée (stylosanthes, légumineuses à "lianes"), dans lesquelles le contact avec le sol se fait progressivement, feuillet par feuillet, ralentissant la décomposition ;
- le climat : la chaleur et l'humidité comme dans le Sud-Est accélèrent la décomposition de la couverture ;
- la vitesse de couverture du sol par la culture qui dépend du cycle et du port des plantes, de leur densité, de leur date de semis (par rapport au début des pluies qui déclenche la germination des adventices) et du niveau de fertilité de la parcelle : une culture qui couvre rapidement le sol comme l'association maïs + niébé contrôle les adventices levées à travers un paillage insuffisant, au contraire d'un riz de cycle long, semé à faible densité ;
- la pression des adventices et le type de flore :certaines plantes comme les oxalis, les centellas, les commelinas et les euphorbes étant capables de traverser un paillage épais.

Le choix des itinéraires techniques

Estimation de la biomasse (matière sèche) sur pied

Résidus de récolte (maïs + dolique)



4-5 t/ha



7-8 t/ha



> 15 t/ha

Résidus de récolte (maïs, riz, avoine)



Maïs, 7 - 8 t/ha



Riz, 5-6 t/ha



Avoine, 6-7 t/ha

Stylosanthes



< 2 t/ha



6-7 t/ha



> 12 t/ha

Le choix des itinéraires techniques

Estimation de la biomasse (matière sèche) au sol
(Photos : G. Soutou - K. Naudin)

Graminée herbacée (Andropogon)



2 t/ha. Couverture du sol : 90 %
Epaisseur : 1 cm



5 t/ha. Couverture du sol : 99 %
Epaisseur : 3 cm



10 t/ha. Couverture du sol : 99 %
Epaisseur : 6 cm

50 % graminée herbacée (Brachiaria) + 50 % Sorgho



2 t/ha. Couverture du sol : 60 %
Epaisseur : <1 cm



5 t/ha. Couverture du sol : 80 %
Epaisseur : 1 cm



10 t/ha. Couverture du sol : 99 %
Epaisseur : 3 cm

Sorgho



2 t/ha. Couverture du sol : 20 %



5 t/ha. Couverture du sol : 45 %



10 t/ha. Couverture du sol : 70 %

Le choix des itinéraires techniques

La préparation des parcelles

En année "zéro" de préparation du semis direct, la biomasse disponible sur des parcelles de petite agriculture familiale est souvent insuffisante pour permettre le semis direct. Il arrive également que l'année "zéro" ne permette pas de produire et de conserver suffisamment de biomasse pour un semis direct dans de bonnes conditions, avec un bon contrôle des adventices. Il est dans ces cas là recommandé de concentrer la biomasse disponible sur une partie de la parcelle qui sera conduite en semis direct (sur une couverture végétale suffisante), et de se considérer en année "zéro" sur le reste de la parcelle où la biomasse a été enlevée. Il faut dans tous les cas reconduire un système à très forte production de biomasse pour "amorcer la pompe" des SCV.



Faible production des systèmes traditionnels sur sols dégradés. Photo : L. Séguy

Il est également très intéressant d'essayer de produire une forte biomasse en bordure (haies vives, cordons anti-érosifs) ou à proximité des parcelles (jachères), ce qui permet de "recharger" en biomasse les parcelles qui ont eu une production insuffisante.

Le deuxième paramètre à prendre en compte est la présence, l'abondance et le type de plantes vivaces sur la parcelle. Ces critères déterminent les besoins en herbicides et l'utilité du travail du sol.
Une plante vivace déjà installée porte fortement concurrence à une plante annuelle (culture), même si elle a été fauchée ou labourée (en particulier les plantes à rhizomes que le labour peut aider à propager) :

- son redémarrage de végétation est en général plus rapide que celui de la plante annuelle par graine (en particulier pour les petites graines), ce qui fait que la plante vivace fait rapidement de l'ombre à la culture ;
- son système racinaire est souvent plus puissant et profond que celui de la plante annuelle et est déjà installé en profondeur, ce qui crée une compétition forte pour l'eau et les éléments nutritifs.

De plus, ces plantes vivaces sont rarement contrôlées par les herbicides sélectifs des cultures, et leur contrôle pendant la culture, même par sarclage, est difficile.
Il est donc indispensable d'éliminer les plantes vivaces avant l'installation de la culture, ou au moins de les contrôler le temps de la culture, comme dans le cas de cultures sur couverture vive.
Des plantes vivaces dressées, ne produisant pas ou peu de rhizomes peuvent être assez facilement contrôlées par un décapage à l'*angady*, et ce d'autant plus qu'elles sont peu abondantes ou éparses. En revanche, des plantes rampantes et/ou produisant de nombreux rhizomes ou stolons sont difficiles à contrôler mécaniquement, et ce travail peut entraîner une perturbation considérable du sol.

Angady : sorte de bêche malgache

En année "zéro" de préparation des SCV, sur les parcelles à faible biomasse, un autre paramètre important à prendre en compte est la battance ou l'induration en surface des sols.

La préparation des parcelles : contrôle des plantes vivaces

Plantes vivaces abondantes :

- utilisation d'un herbicide total après reprise de la végétation ou en fin de saison des pluies précédente pour contrôler (systèmes sur couverture vivante utilisant des plantes vivaces comme le cynodon) ou tuer (systèmes sur couverture morte) les plantes vivaces ;

ou, sur des plantes érigées, faciles à contrôler :

- décapage à l'*angady* en début de saison sèche (très exigeant en temps et perturbant le sol) ;

ou à défaut, en l'absence d'herbicide :

- labour en début de saison sèche avec exposition des racines et rhizomes au soleil. Deuxième labour avant semis et arrachage manuel des plants encore vivants. La demande en travail est moindre que pour un décapage à l'*angady*, mais la perturbation du sol et les risques d'érosion sont plus forts ;

Plantes vivaces absentes, éparses ou faciles à contrôler manuellement :

- décapage à l'*angady* ; ou
- application localisée d'herbicide total.

Le choix des itinéraires techniques

Dans le cas où le sol présente une telle surface indurée, il est indispensable de le travailler (grossièrement pour éviter une nouvelle induration). Les années suivantes le paillage maintenu au sol en SCV empêche tout phénomène d'induration ou de battance.

La préparation des parcelles

La compaction du sol en profondeur est un paramètre très important dans le choix des cultures, associations et successions à mettre en place (en privilégiant la (ou les) première(s) année(s) des plantes à fort pouvoir restructurant), mais influence peu le choix des itinéraires techniques, sauf :

- dans le cas où l'agriculteur prend le risque de mettre en place une culture sensible à la compaction sans travail du sol profond, auquel cas les intrants sont limités pour réduire la prise de risque (mais ce qui n'influence pas la préparation de la parcelle) ;
- dans le cas où il a été décidé d'effectuer un sous-solage (difficilement réalisable à Madagascar et dans tous les cas extrêmement coûteux) pour installer une culture à forte valeur économique, qui couvrira les coûts d'implantation.

La préparation des parcelles : battance et compaction

Sols battants ou indurés en surface :

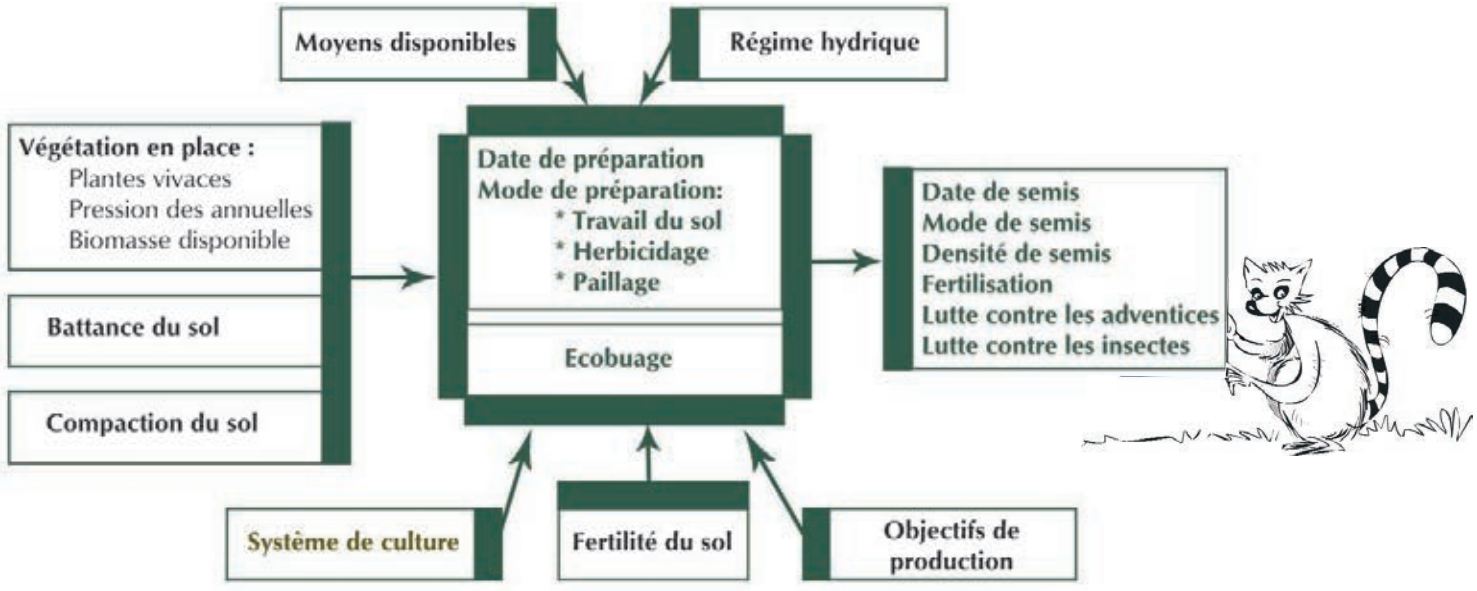
- travail du sol (grossier) nécessaire en année "zéro" ;
- paillage par la suite pour éviter la battance.

Sols compactés en profondeur :

- préférer des systèmes avec plantes tolérantes/restructurantes ;
- à défaut, travail du sol en profondeur ou écobuage.

La réalisation effective de la préparation des parcelles est fonction de ces choix d'itinéraire technique mais aussi :

- du climat et du régime hydrique de la parcelle qui influencent la date du travail du sol éventuel (année "zéro") ou de traitement herbicide des plantes en végétation ;
- des moyens disponibles, en particulier la disponibilité en force de travail et l'accès au matériel et aux intrants (herbicides et engrais essentiellement) ;
- du type de couverture végétale à préparer.



La date de préparation de la parcelle doit permettre le semis dès les premières pluies utiles.

En année "zéro", le travail du sol (si nécessaire) doit parfois être effectué en fin de cycle précédent (sols lourds, difficiles à travailler).

Les années suivantes, le contrôle de la couverture végétale doit se faire très tôt dans le cas d'une très forte biomasse, afin de lui laisser le temps de se tasser avant le semis. De même, il faut préparer plusieurs semaines en avance une biomasse à dominance de graminées (surtout à grosses tiges) dont la décomposition est lente et qui, si elle est traitée trop proche du

Le choix des itinéraires techniques

La préparation des parcelles

semis, risque fortement d'entraîner une "faim d'azote" sur les céréales cultivées ensuite.

A l'inverse, pour une biomasse faible, la préparation ne doit pas être faite trop tôt, afin de maintenir un maximum de biomasse pour couvrir le sol et contrôler les adventices en début de cycle. Quand la biomasse est dominée par des légumineuses dont les feuilles se décomposent rapidement, la préparation de la parcelle doit se faire juste avant le semis (et peut même se faire le jour du semis si on utilise des herbicides). La préparation de la parcelle a des répercussions sur de nombreuses opérations culturales par la suite : elle influence directement la date, le mode et la densité de semis, la fertilisation (effet de l'écobuage ou encore besoins en azote pour la culture de céréale sur un paillage de graminées), et le mode de lutte contre les adventices et les insectes (influences du paillage et de la date de semis en particulier).



Dans tous les cas, la préparation doit aboutir à une parcelle prête à être semée dans de bonnes conditions. Une vérification doit être effectuée avant de réaliser le semis.

La préparation des parcelles : vérification

Dans tous les cas, la préparation de la parcelle doit permettre d'installer les cultures sur des parcelles sans adventices en végétation au moment du semis (elles seraient alors en avance sur les cultures et donc très compétitives). Les plantes vivaces qui auraient pu repousser après leur traitement doivent être éliminées car elles sont très difficiles à contrôler dans des systèmes de semis direct installés sur couverture morte. Pour une utilisation en couverture vive, il faut s'assurer que leur contrôle est suffisant et homogène

Pour les plantes annuelles, on vérifie que de nouvelles plantes n'ont pas commencé leur croissance, en particulier quand la préparation de la parcelle a été effectuée longtemps avant le semis. Si nécessaire, un travail supplémentaire de contrôle juste avant (ou pendant) le semis doit être effectué : herbicidage, arrachage, décapage à l'*angady* ou éventuellement sarclage léger (en année "zéro").

Le choix de l'itinéraire technique : préparation des parcelles avant semis

1. **Identification de la compaction du sol en profondeur et de la fertilité de la parcelle**
2. **Choix des cultures, associations et successions (cf. Vol. II. Chapitre 1.), et des pratiques particulières**
   - Sous-solage
   - Ecobuage
   - Préparation "normale" de la parcelle (sans écobuage ni sous-solage)
3. **Identification de la biomasse disponible et des plantes vivaces**
   - Faible biomasse disponible (préparation des SCV)
   - Forte biomasse disponible
4. Contrôle des plantes vivaces — Page 26
5. Identification des risques de battance ou d'induration
   - Sol battant
   - Sol non battant
6. Travail du sol profond — Réalisation de l'écobuage — Page 21
   - Labour et émottage grossiers — Page 29
   - Labour et émottage (année "zéro" uniquement) — Page 29
   - ou
   - Traitement herbicide, arrachage, fauche ou roulage — Page 29
7. Paillage (recommandé) — Page 30

Contrôle de la couverture végétale (en fonction du type de flore) — Page 31

Le choix des itinéraires techniques

2.1. L'écobuage

Intérêts de l'écobuage

L'écobuage est une technique qui permet de libérer rapidement la fertilité "piégée" dans les sols, par combustion lente. Il est particulièrement efficace sur des sols où la matière organique évolue lentement du fait de l'acidité (très fréquente sur les sols malgaches), de la présence fréquente d'allophanes, de faibles températures (cas des hautes terres) et/ou d'hydromorphie (comme dans les rizières mal drainées ou dans le Sud-Est malgache).

Les principaux effets de l'écobuage sont :

- l'oxydation de la matière organique acide, piège des éléments nutritifs ;
- l'accélération de la minéralisation et la libération des éléments nutritifs, en particulier des bases : Ca, Mg, K ;
- la remontée du pH (gain possible d'une unité) ;
- la libération de grandes quantités de phosphore assimilable, qui était lié à la matière organique et fixé par l'aluminium (Al^{3+}, forme dominante à pH très bas) ;
- la réduction du stock d'adventices dans le sol brûlé ;
- un bon enracinement des plantes qui profitent du travail du sol en profondeur.



Riz + niébé après écobuage

Les faibles températures (200 -300°C) de combustion "à l'étouffée" évitent les pertes d'éléments minéraux par volatilisation (N en particulier). L'activité biologique, détruite par le brûlis au niveau des tranchées est rapidement reconstituée et accrue (en quelques semaines), dans un environnement plus favorable.

La pratique de l'écobuage est une alternative très intéressante dans le cas de faible accès aux engrais (prix élevés, transport difficile, etc.), et d'une agriculture visant à minimiser les investissements financiers. Il ne demande pas de matériel particulier, et sa préparation se fait durant la saison sèche. Il n'exige un investissement financier que dans le cas de location de main d'œuvre ou si la biomasse doit être achetée ou transportée sur de longues distances (ce qui réduit fortement l'intérêt de cette pratique).

Son effet est marqué pendant plusieurs années et, associé à une fertilisation minérale, il permet d'obtenir de fortes productions (dans le cadre d'une agriculture intensive).

Cette pratique exige cependant un travail très important, un certain savoir-faire, et nécessite une forte biomasse à brûler. Ces contraintes peuvent en limiter l'application.

Précautions et limites de l'écobuage

L'écobuage brûle une partie de la matière organique du sol. Son effet est d'autant plus marqué que le niveau de matière organique du sol est élevé. Il ne faut surtout pas écobuer un sol à moins de 1,5 % de matière organique, ni écobuer deux ans de suite sur la même ligne.

Après écobuage, il faut pratiquer des systèmes de semis direct avec fort retour de biomasse pour reconstituer cette matière organique brûlée.

Réalisation de l'écobuage

Préparation de la biomasse à brûler

La préparation de la biomasse qui va être brûlée lors de l'écobuage représente un travail important, réalisé en sai-

Le choix du type de biomasse

Le choix du type de biomasse se fait avant tout selon sa disponibilité.

La paille de riz quand elle est disponible est très intéressante par sa richesse en silice (qui confère résistance aux bioagresseurs, à la verse et à la sécheresse).

La balle de riz est également intéressante, encore plus riche en silice que les pailles. Elle est en général gratuite auprès des décortiqueries, mais nécessite un transport qui peut être problématique (volume important). Elle ne peut être utilisée seule car elle ne permet pas une bonne circulation de l'air et a une combustion lente.

La végétation naturelle a l'avantage d'être facilement disponible. L'aristida a une combustion lente, et nécessite une grande quantité (ce qui nécessite la fauche de grandes surfaces, la production à l'hectare étant limitée).

Les arbustes comme le mimosa (*Acacia sp.*) ont une combustion rapide et apportent de l'azote.

Le choix des itinéraires techniques

son sèche. Plus la saison sèche est courte (comme dans le Sud- Est), plus ce travail doit être effectué rapidement.

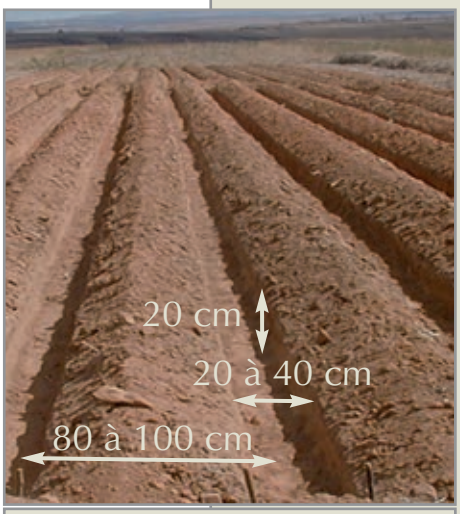
Un écobuage "moyen" nécessite 30 à 40 t/ha de matière sèche, avec un minimum de 20 t/ha et jusqu'à 60 t/ha pour un écobuage très performant sur des sols riches en matière organique.

La biomasse doit être fauchée, séchée (2 à 3 jours) puis transportée sur la parcelle à écobuer.

Plus la distance de transport est élevée, plus le travail est important, ce qui rend particulièrement intéressant de produire la biomasse à l'avance sur la parcelle (plantation préalable d'arbustes comme les acacias) ou en bordure (Bana grass par exemple). Dans le cas de l'utilisation de paille de riz, ce travail est très réduit.

Contrôle des plantes vivaces

Dans le cas où l'écobuage se fait sur une parcelle où les plantes vivaces sont abondantes (jachère à *Cynodon dactylon* par exemple), il est nécessaire d'éliminer ces plantes avant de réaliser l'écobuage. Le contrôle de ces plantes après écobuage est très difficile puisqu'elles seront alors recouvertes par la terre extraite des tranchées, et donc peu visibles et hors d'atteinte des herbicides. A l'inverse, le traitement herbicide en végétation de ces plantes vivaces facilite par la suite le travail de creusement des tranchées. En l'absence d'herbicide, le décapage à l'*angady* des plantes vivaces est possible, mais très laborieux (cf. page 26).



Tranchées préparées pour l'écobuage
Photo : ANAE

Creusement des tranchées

Les tranchées dans lesquelles l'écobuage localisé sera réalisé doivent être creusées de préférence perpendiculairement à la pente. En cas de risque de stagnation d'eau (qui peut engendrer des maladies), il faut prévoir des drains pour évacuer l'eau des tranchées, ou réaliser les tranchées dans le sens de la pente (sur pente faible). Dans les pentes fortes, l'écobuage peut être fait en réalisant des mini-terrasses, en marches d'escalier.

L'espacement entre tranchées et la largeur des tranchées déterminent par la suite la densité de semis, les cultures étant semées sur le sol écobué dans ces tranchées.

La largeur des tranchées est de 20 cm à 40 cm. L'écobuage est meilleur sur des tranchées larges, mais la quantité de biomasse à utiliser est plus importante. Une tranchée large facilite aussi le semis en doubles rangs d'une culture comme le riz ou la pomme de terre par exemple. L'espacement entre tranchées (de centre à centre de la tranchée) est de 80 à 100 cm en fonction de la densité de semis souhaitée par la suite. La profondeur de la tranchée est de 20 cm, sauf dans le cas où l'horizon de surface organique est très peu épais. Dans ce cas, la profondeur de la tranchée est celle de l'épaisseur de cet horizon organique (sans creuser dans les horizons inférieurs, trop pauvres pour être écobués).

Ces tranchées peuvent être réalisées à l'*angady*, ce qui est exigeant en travail mais permet :

- de réaliser des tranchées rectilignes et régulières (facilitant le semis sur la tranchée) ;
- de mettre de côté la terre la plus organique pour recouvrir les tranchées, et donc d'assurer une très bonne qualité de l'écobuage.

Elles peuvent aussi être réalisées à la charrue en faisant un double passage dans le même sillon ce qui permet d'ouvrir un sillon large. Les tranchées sont ensuite terminées à l'*angady*, avec un travail très fortement réduit (mais des tranchées réalisées de façon moins précise).

Exemples sur les tranchées et la densité

Pour réaliser un écobuage pour la culture de maïs, en minimisant la biomasse utilisée, on peut réaliser des tranchées de 20 cm de large, suffisantes pour localiser facilement des simples rangs de maïs. En espaçant les tranchées de 1 m et en resserrant l'espacement sur la ligne à 40 cm, on obtient une densité de 25 000 poquets/ha.

Pour une culture de pomme de terre qui valorise très bien la fertilité mais nécessite une densité élevée, des tranchées de 40 cm de large (permettant le semis en doubles rangs) espacées de 1 m (60 cm entre deux tranchées) permettent d'obtenir une densité de 40 000 à 45 000 plants/ha (en espaçant les plants de 45 à 50 cm sur le rang).

Le choix des itinéraires techniques

Remplissage des tranchées avec la biomasse (combustible)



Remplissage des tranchées avec le combustible et confection de cheminées
Photo : K. Naudin

Les tranchées sont ensuite remplies avec le combustible, en le tassant bien (avec le pied) et en remplissant les tranchées jusqu'à 10-15 cm au dessus du niveau initial du sol. Plus la biomasse apportée est importante, meilleures sont la combustion et l'efficacité de l'écobuage.

Les pailles (riz, *bozaka*, etc.) sont alignées dans le sens de la tranchée pour faciliter la propagation du feu et la circulation de l'air.

En cas d'utilisation de balle de riz ou de branchages qui transmettent moins bien le feu (et laissent moins bien circuler l'air pour les balles de riz), une couche de paille est préalablement installée au fond de la tranchée et une nouvelle couche est placée au dessus, ce qui facilite l'aération et la propagation du feu.



Recouvrement des tranchées et confection des cheminées pour l'allumage
Photo : N. Moussa

Des mèches de paille qui sortiront du sol après recouvrement des tranchées et formeront des cheminées sont installées tous les 1,5 m environ.

Recouvrement des tranchées avec de la terre

Les tranchées remplies de combustible sont ensuite recouvertes de 8 à 15 cm de terre, en prenant soin d'utiliser la terre de surface, organique (la plus foncée), et de laisser libres les cheminées d'aération en paille qui vont servir pour la mise à feu.

Avec la quantité de combustible apportée, l'épaisseur de terre apportée lors du recouvrement permet de réguler le "tirage", et donc la vitesse et l'intensité de la combustion.

Moins de 8 cm de terre conduisent à une combustion trop rapide, à des températures trop élevées (d'autant plus élevées que la quantité de combustible est importante). Plus de 15 cm rendent difficile la combustion (d'autant plus difficile que la quantité de biomasse apportée est faible), et entraînent un risque d'étouffement et de combustion incomplète.



Mise à feu et combustion
*Aération à l'*angady
Photo : N. Moussa

Mise à feu et combustion

La mise à feu se fait par les mèches de paille. A partir de la mise à feu, la combustion est soigneusement contrôlée pour :

- éviter la propagation du feu aux parcelles ou à la jachère environnante ;
- s'assurer d'une bonne combustion de la totalité de la biomasse installée.

La combustion doit se faire intégralement, mais pas trop rapidement (24 à 48 heures, en fonction de la quantité appliquée, de l'épaisseur de terre qui la recouvre, de l'espacement entre cheminées et du type de biomasse), comme pour la préparation de charbon de bois.

En cas d'apparition de flammes (en dehors des cheminées), recouvrir avec un peu de terre (organique si possible). Si l'aération est mauvaise



Parcelle après combustion
Photo : T. Raharison

Le choix des itinéraires techniques

La préparation des parcelles
L'écobuage

et que le feu risque de s'éteindre, il est possible de soulever la paille et la terre en introduisant une *angady* par une cheminée et en faisant levier.

En cas d'arrêt de la combustion sans possibilité de rallumer par les cheminées (étouffement sous trop de terre, manque de combustible ou pluie) il est nécessaire de rouvrir les tranchées, faire sécher éventuellement le combustible et en rajouter si besoin, et de recommencer l'écobuage.

Un écobuage réussi se reconnaît à la couleur rouge brique du cylindre intérieur de sol écobué.

Variante : dans le cas de manque de paille et d'utilisation de branchages, il est possible de mettre le feu directement aux branchages déposés dans les tranchées puis de recouvrir de terre une fois la combustion bien démarrée (en prenant garde de ne pas allumer trop de branchages à la fois, pour pouvoir les recouvrir avant leur combustion complète).



Terre écobuée, de couleur rouge brique

Mise à plat et contrôle des adventices annuelles

Après refroidissement (2 à 3 jours après la fin du brûlis), s'assurer qu'il ne reste pas de biomasse enterrée qui n'ait pas brûlé. De la matière végétale enfouie en condition anaérobie se dégrade mal et conduit à la production de composés toxiques. Il est donc indispensable de recommencer localement l'écobuage dans ces endroits. Du combustible non brûlé se repère par le fait que le sol sur la tranchée ne s'est pas affaissé, comme c'est le cas dans les endroits où la combustion a été complète.

Une fois la combustion totalement effectuée, il est nécessaire de combler les tranchées, qui sont alors en creux du fait de l'affaissement après la combustion de la biomasse. On remet ainsi à plat la parcelle, en prenant garde de bien repérer les lignes écobuées pour pouvoir y réaliser le semis. Ce travail de remise à plat permet également de contrôler les adventices annuelles (les vivaces ayant été contrôlées au préalable) qui auraient pu repousser entre les tranchées.

Si de la biomasse est encore disponible, le paillage des parcelles écobuées est très intéressant (contrôle des adventices, protection du sol, recharge en matière organique).



Pomme de terre après écobuage
Photo : N. Moussa

Les temps de travaux moyens

Fauche de la biomasse nécessaire :
- 20 t/ha : 80 à 100 jours/ha
- 60 t/ha : 240 à 300 jours/ha

Transport de la biomasse (sur 500 m) :
- 20 t/ha : 80 à 100 jours/ha
- 60 t/ha : 240 à 300 jours/ha

Réalisation des tranchées pour l'écobuage :
- à l'*angady* : 60 à 80 jours/ha.
- à la charrue : 5 à 8 jours/ha

Remplissage des tranchées : 12 à 20 jours/ha

Recouvrement des tranchées : 6 à 10 jours/ha

Mise à feu : 5 à 6 jours/ha

Nivellement après brûlis : 4 à 5 jours/ha

Temps total de travail pour l'écobuage :

Préparation de la biomasse :
- 20 t/ha de biomasse : 160 à 200 jours/ha
- 60 t/ha de biomasse : 480 à 600 jours/ha

L'utilisation de paille de riz (déjà fauchée) ou de biomasse produite en bordure de parcelle réduit considérablement ces temps de travaux.

Réalisation de l'écobuage :
- à l'*angady* : 85 à 130 jours/ha
- à la charrue : 30 à 50 jours/ha

Temps total moyen :
(40 t/ha de biomasse, à l'*angady*) : 460 jours/ha.

Ce travail est réalisé en saison sèche (entre mai et octobre, la pluie ne permettant pas de sécher le combustible ni de réaliser l'écobuage). Un homme seul ne peut donc pas réaliser plus de 30 ares par année.

Le choix des itinéraires techniques

2.2. La préparation des parcelles avec faible biomasse disponible

L'année "zéro" de préparation du semis direct se fait souvent à partir de parcelles sur lesquelles la biomasse disponible est faible, en particulier dans le cadre d'une petite agriculture familiale peu intensive et de sols dégradés. S'il n'est pas possible d'importer de la biomasse (disponible à proximité) pour réaliser un paillage, le recours au labour est souvent préférable, en particulier pour faciliter le contrôle des adventices.

Il se peut aussi qu'un "échec" (accident climatique, mauvais itinéraire technique, exportation non contrôlée de la biomasse produite, etc.) sur des parcelles déjà conduites en semis direct fasse que la biomasse disponible est faible. Outre le moins bon fonctionnement des sols lié au manque de biomasse, le principal problème dans ce cas est celui du contrôle des adventices (essentiellement annuelles). Le retour au labour doit être évité autant que possible car il a l'inconvénient de fortement perturber le fonctionnement du sol (en particulier la dynamique de minéralisation) et les équilibres écologiques "reconstruits" par la pratique des SCV.



Couverture du sol insuffisante par les résidus de maïs à faible production

Dans ces situations où la biomasse n'est pas suffisante pour obtenir une bonne couverture du sol, la préparation de la parcelle dépend avant tout :

- de la présence ou non de plantes vivaces (qui doivent absolument être maîtrisées) ; et
- des risques d'induration du sol.

Dans tous les cas, la faible biomasse pour couvrir le sol fait qu'elle suffit rarement à contrôler les adventices annuelles. Si la pression des adventices est forte et/ou si la culture à installer est difficile à nettoyer (riz par exemple), des mesures de contrôle supplémentaires sont nécessaires (au semis et en cours de végétation).

Importation ou concentration de paille sur la parcelle

Quand la biomasse disponible sur la parcelle est faible, un apport de paille importée des environs, après préparation de la parcelle est souvent très intéressant. Cette biomasse peut être prélevée sur des jachères naturelles ou produite à l'avance en bordure des parcelles (plantation préalable de haies de pennisetum, cajanus, tephrosia, etc.). Il est préférable d'installer la paille avant le semis, bien qu'il soit aussi possible (mais plus long à réaliser) de "recharger" la parcelle en biomasse après la levée des cultures semées en lignes.

La quantité optimale dépend du climat (vitesse de minéralisation), du type de matériel végétal, de la pression des adventices et de la biomasse déjà présente sur la parcelle, et de la disponibilité de la biomasse et son accessibilité.

Dans le cas où la biomasse sur la parcelle est faible et si elle n'est pas accessible dans les environs, on peut concentrer la biomasse de la parcelle sur une partie de celle-ci, de manière à atteindre le seuil qui permet de conduire dans de bonnes conditions la culture en SCV. Le reste de la parcelle d'où a été retirée la végétation est alors reconduit comme une année "zéro", afin de produire une biomasse suffisante pour l'année suivante. Pour éviter de transporter la biomasse d'un bout à l'autre de la parcelle, il est aussi possible de concentrer la biomasse en bandes, en alternant bandes en semis direct (où la biomasse a été concentrée et sur lesquelles seront plantées les cultures principales, éventuellement en doubles rangs) et bandes labourées (qui recevront les plantes de couverture).

Plus la biomasse totale est importante, meilleurs sont les effets (amélioration du sol, contrôle des adventices) qui sont très significatifs à partir d'une biomasse totale de :

- 10-12 t/ha de matière sèche en milieu sec (Sud-Ouest malgache) ou en climat sub-tropical d'altitude (Hautes-terres)
- 12-15 t/ha à moyenne altitude (Lac Alaotra, Moyen-Ouest)
- 18-20 t/ha en milieu chaud et humide (Sud-Est).

Quand la biomasse produite n'a pas été suffisante en année "zéro" de préparation des SCV et qu'il n'est pas possible d'en importer ou de la concentrer, la meilleure solution est de faire l'année suivante un système à forte production de biomasse, en SCV, avec une culture facile à désherber et en ayant recours si nécessaire à un léger sarclage en cas de forte pression des adventices.

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des plantes vivaces

La préparation des parcelles
Faible biomasse

Le contrôle des plantes vivaces

Le contrôle des plantes vivaces (quand elles sont présentes) est un préalable indispensable à la mise en place de systèmes conduits en semis direct sur couverture végétale permanente.

En fonction de la disponibilité de la main d'œuvre, de la disponibilité et du coût des herbicides, et de l'abondance, du stade de développement et des caractéristiques des adventices vivaces (et donc du travail nécessaire à les éliminer manuellement), on peut :



Cynodon dactylon, *plante vivace à stolons et rhizomes*

• avoir recours aux herbicides quand ils sont accessibles et que la main d'oeuvre disponible n'est pas suffisante. Les plantes vivaces sont en général bien contrôlées avec du glyphosate à la dose de 1 800 g/ha pour les graminées et du 2,4-D à la dose de 720-1 080 g/ha pour les dicotylédones. On peut utiliser les deux produits en mélange quand les deux types de plantes sont présents. Si ces vivaces sont réparties en plaques, le traitement peut être localisé, ce qui réduit fortement la dose à l'hectare et donc le coût. Le recours à l'herbicide est particulièrement intéressant pour les plantes vivaces rampantes, avec rhizomes et/ou stolons (*Cynodon dactylon* en particulier qui se trouve dans différents milieux et dans toutes les écologies, ou *Panicum trichoïdes* et *Stenotaphrum secondatum* fréquents sur la côte Est), qui demandent un travail très important (avec perturbation forte du sol) pour un contrôle sans herbicide ;

• préférer un contrôle mécanique, par décapage (herbicides non accessibles, main d'œuvre disponible, vivaces peu abondantes). Pour les plantes vivaces érigées et/ou en touffes (telles *Aristida sp. Hypparhenia sp., Imperata cylindrica*, etc. que l'on trouve sur les *tanety*), le décapage à l'*angady* est en général suffisant s'il est réalisé en début de saison sèche. Le temps nécessaire à réaliser cette opération dépend avant tout de l'abondance des plantes vivaces. Quand elles sont éparses, leur contrôle par décapage est souvent très intéressant alors qu'il l'est moins quand elles sont abondantes. Les plantes rampantes à stolons et/ou rhizomes sont beaucoup plus difficiles à contrôler mécaniquement et demandent un labour en début de saison sèche, puis un nouveau labour avant la mise en culture. L'utilisation d'un herbicide total (1800 g/ha de glyphosate) est souvent préférable quand ces plantes sont abondantes (et que l'herbicide est accessible).

Afin de ne pas retarder les semis, l'idéal est de traiter à l'herbicide les plantes vivaces en pleine végétation, à la fin de la saison des pluies précédente (faute de quoi il faudra attendre une reprise de croissance après les premières pluies, ce qui retarde le semis de plus d'un mois) ou de les décaper à l'*angady* en saison sèche.

Ces deux approches permettent un bon contrôle des plantes vivaces dans de très nombreuses situations. On peut cependant rencontrer des situations particulières qui demandent un traitement spécifique.

Rappels sur les herbicides

La dose d'herbicide à appliquer dépend :

- des espèces à traiter
- de l'abondance des plantes vivaces,
- de leur répartition : le traitement de plaques consomme moins d'herbicide par hectare que celui de plantes dispersées, et
- du stade des plantes au moment de l'application : une plante âgée est moins sensible qu'un jeune plant de quelques feuilles
- des conditions d'application : les fortes chaleurs réduisent la pénétration dans les plantes (qui ferment leurs stomates) et donc l'efficacité des herbicides, le glyphosate a une efficacité maximale à pH 4 et perd très fortement son efficacité en cas d'utilisation d'eau basique, etc.

Ainsi, les doses préconisées dans ce manuel sont des doses moyennes, correspondant aux doses nécessaires pour tuer ces plantes à un stade de végétation moyen, pour un niveau d'infestation moyen et régulier, et avec une application de l'herbicide dans les conditions recommandées (voir annexe 1).

Ces doses, qui sont toutes exprimées en quantité de matière active, doivent être ajustées en fonction des conditions d'application.

Le choix des itinéraires techniques

Cas particulier

Graminées pérennes des rizières

Certaines graminées des rizières comme *Leersia hexandra*, et surtout *Oryza longistaminata* (riz à rhizomes) posent de sérieux problèmes et exigent une préparation des parcelles particulière pour les contrôler.

• *Leersia hexandra*

Leersia hexandra est difficile à contrôler une fois la culture implantée. Il est recommandé de la tuer avant la mise en culture, par application de glyphosate (1 080 à 1 800 g/ha en fonction du stade végétatif). En l'absence d'un contrôle avant semis, la lutte contre cette adventice nécessite de nombreux et longs sarclages.

• *Oryza longistaminata*

Le riz à rhizomes est une espèce très proche du riz cultivé. Il est difficile de les distinguer au stade jeune, ce qui rend impossible un désherbage manuel. De plus, il n'existe pas (pour l'instant) d'herbicide sélectif du riz qui soit efficace sur ce riz sauvage.



Oryza longistaminata

La seule méthode de lutte efficace consiste à le tuer à l'aide d'un herbicide total à forte dose (glyphosate à 2 160 g/ha) et à un stade sensible : juste avant sa floraison. Cela peut se faire sur une parcelle abandonnée du fait de la forte infestation par le riz à rhizomes pour la préparer pour l'année suivante. Cela peut aussi se faire en tuant le riz à rhizomes localement sur les plaques où il apparaît dans des parcelles moins infestées. Cette pratique a cependant l'inconvénient de tuer également le riz cultivé, sauf si la variété utilisée (de cycle très court) a pu être récoltée (panicule par panicule) avant que le riz à rhizomes ne soit à la floraison, auquel cas on applique l'herbicide sur le riz à rhizomes dès récolte du riz.

La biomasse du riz à rhizomes est en général suffisante pour être utilisée comme couverture végétale pour le semis direct de la culture suivante (beaucoup plus belle sans labour), ce qui n'est pas le cas de *Leersia hexandra* ou des cypéracées vivaces.

Cas particulier

Cypéracées vivaces de rizières : *Cyperus rotundus* et *Cyperus esculentus*

Deux cypéracées vivaces sont particulièrement gênantes en rizières : *Cyperus rotundus* et *Cyperus esculentus* sont considérées au niveau mondial comme des pestes végétales.



Cyperus rotundus

Leurs organes de réserve leur permettent de survivre en saison sèche, de résister à de nombreux herbicides et de se multiplier rapidement, en particulier sous l'effet du labour qui fractionne les chaînettes de bulbilles et favorise la multiplication végétative.

Comme pour le riz à rhizomes, dans l'attente d'herbicides sélectifs performants, la meilleure façon de les contrôler est d'appliquer un herbicide total (glyphosate à 1 800 g/ha) en fin de saison des pluies pour préparer la culture de l'année suivante.

Il est aussi possible d'utiliser les propriétés de certains paillages en semis-direct : une couverture de sorgho (ou d'avoine), grâce à l'ombrage prolongé de la surface du sol conjugué à des effets allélopathiques (émissions de substances, véritables herbicides naturels), permet de contrôler en partie ces pestes végétales. Ainsi, un système de culture avec production de sorgho (non photopériodique) en saison sèche, utilisé comme paillage pour la campagne suivante peut être proposé.

Il est aussi possible de ralentir l'émergence du cypérus avec un épais paillage (maïs + dolique par exemple) puis de traiter les jeunes adventices dans le riz semé très dense, avec du bentazone (380 g/ha).

Le choix des itinéraires techniques

Cas particulier

Parcelles avec plantes vivaces à rhizomes, déjà labourées

Dans le cas particulier où l'on intervient sur une parcelle qui a été labourée en fin de saison des pluies/début de saison sèche précédente, sans qu'il y ait eu application d'herbicide préalable (pratique fréquente des paysans, pour essayer de contrôler ces plantes vivaces, en exposant racines et rhizomes au soleil en saison sèche), il faut s'assurer que ces plantes ont été bien contrôlées et que les rhizomes ne pourront pas produire de nouvelles plantes. Dans le cas contraire, il faut là aussi attendre la reprise de la végétation avant d'appliquer de l'herbicide (glyphosate à 1 800 g/ha) et de terminer la préparation du sol si nécessaire (nouveau labour et/ou émottage) une fois l'action de l'herbicide constatée.



Cynodon dactylon *après labour*

Cas particulier

Jachères pérennes brûlées

La pratique du brûlis est fréquente à Madagascar. Pour la remise en culture d'une jachère à plantes vivaces qui a brûlé (intentionnellement ou par accident), se pose le double problème de contrôler les plantes vivaces avant semis puis de contrôler les adventices annuelles dans la culture, en l'absence de paillage.



Reprise des graminées vivaces après passage du feu

La plupart des plantes vivaces ne sont pas contrôlées par le passage du feu. La pratique du brûlis vise au contraire à favoriser leur reprise pour la production de jeunes feuilles en saison sèche, et permet de lever la dormance des graines de nombreuses espèces.

De plus, le passage du feu rend plus difficile le décapage à l'*angady* de ces plantes pérennes, moins facilement repérables et accessibles après brûlis. La meilleure solution consiste donc à attendre la reprise de la végétation (quelques semaines après brûlis ou en début de saison des pluies) pour appliquer un herbicide total (glyphosate à 1 800 g/ha).

Après semis direct (sans labour, mais sans couverture végétale qui a brûlé), le contrôle des adventices annuelles qui peuvent recoloniser rapidement ces parcelles se fait par application d'herbicide de prélevée (si la flore adventices est connue et exerce une forte pression) ou de post-levée (au cas par cas, en fonction de l'apparition de plantes annuelles).

Exemples sur peu de résidus, sans vivaces

Dans une parcelle ayant produit du riz traditionnel, avec un rendement faible (1 t/ha), et présentant une flore adventice dominée par les dicotylédones annuelles, il est possible de semer directement du maïs (de préférence associé à une légumineuse pour augmenter la production de biomasse), après un simple traitement au 2,4-D quelques jours avant le semis (au moins 8 jours avant le semis d'une légumineuse) pour éliminer les repousses des jeunes dicotylédones. Par la suite, le contrôle des adventices peut nécessiter un nouveau traitement au 2,4-D sur les dicotylédones (sauf si le maïs est associé à une légumineuse) et l'arrachage d'éventuelles graminées.

Cas particulier

Parcelles très bosselées exploitées mécaniquement

Dans le cas particulier de grandes parcelles très bosselées que l'on souhaite exploiter en culture mécanisée, il est nécessaire de les labourer après traitement à l'herbicide afin de les niveler pour permettre le semis direct mécanisé les années suivantes.

Exemple sur peu de résidus, avec vivaces

Dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau du lac Alaotra, le *Cynodon dactylon* envahit fréquemment les zones qui ne sont pas inondées suffisamment longtemps. La meilleure technique de lutte consiste à l'éradiquer par application de glyphosate (1 800 g/ha) en pleine végétation, de préférence en saison des pluies précédente, ou à défaut après reprise de végétation en début de saison des pluies.

Le choix des itinéraires techniques

Le travail des sols battants

Sur des parcelles à faible biomasse et sans plantes vivaces (soit parce qu'elles n'étaient pas présentes, soit parce qu'elles ont été éliminées par l'opération précédente), le choix de l'itinéraire technique se fait avant tout en fonction du risque de battance ou d'induration du sol.

La préparation des parcelles
Faible biomasse

Le travail du sol sur sols battants ou indurés en surface (en année "zéro")

Les sols battants sont généralement des sols argilo-sableux, limono-sableux ou sablo-argileux que l'on retrouve vers le bas de la toposéquence : sols exondés dans la plaine ou *baiboho*, sols ferrugineux tropicaux, etc.. Ils représentent la plupart des sols de rizières (à l'exception des sols organiques peu évolués). Les résidus de récolte y sont généralement peu abondants, une couverture végétale importante sur le sol tendant à supprimer ce phénomène de battance. Sur ces sols battants (ou en cas d'induration en surface), un travail du sol est nécessaire après contrôle des vivaces, afin de briser la croûte asphyxiante en surface.

Exemples de préparation sur sols battants

Au lac Alaotra, sur des *baiboho* ayant produit du riz dont la paille a été exportée à la récolte, le phénomène de battance ne permet pas la mise en place d'une nouvelle culture sans travail du sol pour briser la croûte de battance.

Sur les sols lourds, difficiles à travailler, le travail du sol doit être effectué de préférence en fin de saison des pluies, ce qui permet ainsi de semer précocement sans avoir à attendre suffisamment de pluies pour pouvoir travailler les sols en début de campagne. Sur les sols légers, plus faciles à travailler, le travail du sol peut se faire durant la saison sèche, là encore afin d'être prêts pour un semis précoce dès les premières pluies utiles (après un éventuel passage d'herbicide à faible dose sur les jeunes plantes qui auraient pu repousser durant la saison sèche).

Dans tous les cas, sur ces sols battants qui doivent absolument être travaillés avant semis, il est important de ne pas faire un émottage trop fin et de ne pas les pulvériser. Les destructurer trop, favorise la formation de croûte de battance ou l'induration en surface sous l'action des pluies. Le travail du sol doit donc être un travail grossier : labour et émottage grossiers, ou passage d'outils à dents du style «canadien » sont non seulement amplement suffisants, mais aussi préférables à d'autres pratiques. Ce travail du sol contribue au contrôle des adventices annuelles avant le semis.



Riz sur sol battant
Photo : K. Naudin

Pour l'installation d'une culture de contre-saison ou d'une plante de couverture sur un sol battant, il est possible de ne travailler que le poquet.

Le paillage de ces sols après travail du sol, si la biomasse est disponible à proximité, est particulièrement intéressant car il réduit très fortement la battance ou les risques d'induration.

Les options sur sols non battants

Les options sur sols non battants

Sur les sols non battants (sols de *tanety* et sols organiques peu évolués en rizières), le travail du sol n'est pas indispensable. Dans les parcelles qui avaient des plantes vivaces, les opérations effectuées pour les contrôler ont en général fortement réduit le nombre (lors du décapage à l'*angady*) ou éliminé toutes les adventices annuelles (en cas d'utilisation d'herbicides). Seules les repousses (quand il y en a) sont à éliminer avant le semis. Dans les parcelles qui n'avaient pas de plantes vivaces, un contrôle facile et peu coûteux des adventices annuelles peut se faire avant semis par utilisation d'herbicide, ou à défaut par travail du sol.

En année "zéro" de préparation du semis direct le labour suivi d'un émottage est souvent la solution la plus simple, ne nécessitant pas d'herbicide et étant bien maîtrisée par les paysans. Il est aussi possible (et recommandé) de simplement contrôler les adventices annuelles comme dans des parcelles déjà installées en SCV, ce qui présente l'avantage de réduire le temps de travail et de s'habituer aux pratiques du semis direct.

Dans les parcelles déjà en SCV (à la suite d'un "accident" qui n'a pas permis de maintenir une biomasse suffisante au sol), le travail du sol doit être évité autant que possible car il fait perdre rapidement les bénéfices des années de conduite en SCV. La préparation de la parcelle se limite donc au contrôle des plantes annuelles en végétation, ce qui peut se faire par :

Le choix des itinéraires techniques

La préparation des parcelles
Faible biomasse

• application d'herbicides, à faible dose quelques jours avant le semis. Un mélange glyphosate (360 à 540 g/ha) + 2,4-D (360 à 720 g/ha), éventuellement localisé sur les parties infestées, est suffisant pour contrôler parfaitement la flore annuelle en végétation sans perturber le sol. Cette méthode est aussi la plus rapide, surtout si les repousses d'adventices sont nombreuses, mais elle nécessite des herbicides (coût, connaissance, problème de disponibilité des produits et du matériel de pulvérisation) ;

• fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage si les plantes adventices sont à un stade avancé de développement (ces pratiques sont peu efficaces sur les plantules) ;

• arrachage manuel des plantules d'adventices quand elles sont peu nombreuses ;

• en dernier recours, si aucune de ces méthodes n'est réalisable, par sarclage léger et localisé, plus rapide que l'arrachage manuel mais qui a l'inconvénient majeur de perturber le sol.

La "recharge" en biomasse par importation de paille est très recommandée (quand elle est disponible à proximité), pour couvrir le sol et limiter les repousses d'adventices annuelles.

Le paillage

Apport de paillage

Sur des parcelles en semis direct avec faible biomasse, ou après labour, un apport de paille limite l'érosion et permet de contrôler la plupart des mauvaises herbes, à condition qu'il soit suffisamment épais. Le paillage doit être effectué de préférence avant le semis, mais il peut aussi être apporté après la levée de la culture (ce qui est plus délicat à réaliser, plus long et moins efficace).



Apport de paille de bozaka et production de biomasse en bordure de parcelle
Photo : Rakotondramanana

Le type de paille employé détermine : la vitesse de dégradation de la couverture et donc la durée du maintien de celle-ci (pour le contrôle des mauvaises herbes) et les risques de blocage d'azote (pour les cultures de céréales) :

• les pailles à ratio C/N élevé (comme les tiges de sorgho ou de maïs) se décomposent lentement et donc restent plus longtemps, mais induisent un risque de blocage d'azote élevé en début de cycle ;

• les feuilles de légumineuses (à ratio C/N bas) se décomposent très vite (ce qui peut poser problème pour le contrôle des adventices) mais restituent rapidement de l'azote aux cultures ;

• les feuilles de graminées et les tiges de légumineuses se décomposent à une vitesse intermédiaire.

Cette technique, si elle est extrêmement simple et efficace, présente cependant deux contraintes majeures qui font qu'elle ne peut pas être proposée dans toutes les situations :

• elle ne peut se faire que si de la biomasse est disponible en quantité à proximité ;

• elle nécessite des temps de travaux importants (d'autant plus importants que la biomasse doit être transportée sur de grandes distances), même si ce travail peut être effectué durant la saison sèche.



Transport de paille
Photo : T. Raharison

Le paillage ne peut donc pas être recommandé dans des zones où la paille est rare, comme les zones où l'élevage laitier est une source de revenus importante, et/ou les zones à forte pression sur le foncier.

Dans tous les cas, la production de biomasse en bordure de parcelle (cordons anti-érosifs ou haies vives, de plantes pérennes ou semi-pérennes comme le Bana grass ou le cajanus qui seront régulièrement fauchées) ou dans des parcelles voisines (jachères améliorées) peut permettre d'importer facilement et rapidement une forte biomasse dans les parcelles cultivées, et ainsi d'assurer une entrée rapide en semis direct.

Le choix des itinéraires techniques

2.3. Le contrôle d'une couverture végétale à partir d'une forte biomasse

Des pratiques SCV performantes permettent (et fonctionnent bien grâce à) une forte production de biomasse et sa restitution sur le sol. Pour l'entrée dans les systèmes SCV, une forte biomasse est obtenue après une année "zéro" de préparation des SCV qui associe (ou se font succéder) des cultures avec des plantes de couverture (annuelles ou pérennes) à forte production de biomasse. Il est également possible de démarrer directement en semis direct sur des jachères de plantes vivaces ou après des cultures intensives, à forte production de biomasse. Une fois installés, les systèmes SCV s'entretiennent en maintenant une forte production de biomasse, largement restituée au sol.

Cette forte biomasse disponible sur la parcelle, permet de traiter directement la couverture végétale pour un semis direct dans de bonnes conditions, sur des sols souvent bien structurés et non battants.



Forte biomasse de vesce

Le choix du mode de contrôle des couvertures végétales (mécanique ou par utilisation d'herbicide) se fait en fonction :

- des espèces (et parfois des variétés) dont dépendent les facilités de contrôle mécanique et chimique, et donc les possibilités et l'intérêt comparatif d'utiliser un mode de contrôle plutôt qu'un autre ;
- de leur stade végétatif qui influence les possibilités d'utilisation et l'efficacité des herbicides et du contrôle mécanique, et donc leur intérêt comparatif ;
- des moyens disponibles : accès aux herbicides et coût, disponibilité et coût de la force de travail, accès au matériel ;
- du type de couverture végétale que l'on souhaite : couverture morte ou couverture vive (difficile à conduire sans herbicide) ;
- des cultures que l'on veut mettre en place dans le cas des couvertures vives ; et
- du climat : durée de la saison sèche qui détermine les périodes d'activité végétative des plantes ; gel éventuel, qui affaiblit (et peut même tuer) les plantes.

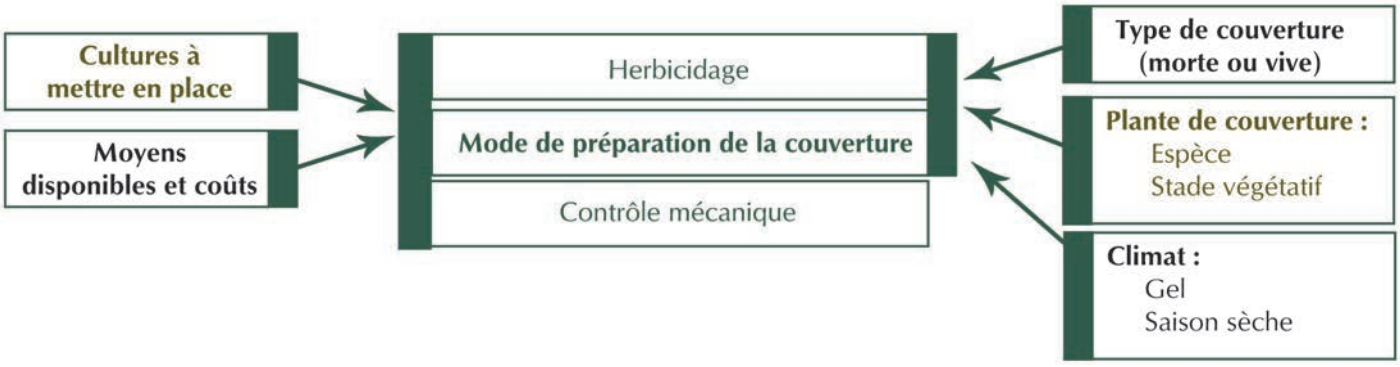


Couverture épaisse de vesce après passage d'un rouleau à cornières

En cas d'utilisation d'herbicide pour préparer la couverture végétale, les doses à employer dépendent :

- de l'espèce (ou des espèces) à contrôler ;
- de leur stade végétatif ;
- des conditions d'application ;
- du type de couverture souhaité (morte ou vive).





Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des jachères à plantes vivaces (non brûlées)

Les plantes spontanées remplissent souvent un grand nombre des fonctions écosystémiques remplies par leurs "cousines" sélectionnées et peuvent souvent être utilisées comme couvertures végétales. Elles ont l'avantage d'être déjà installées, mais ont parfois des inconvénients pour leur gestion. Sous jachères pérennes, les sols sont souvent bien structurés de par l'action du système racinaire de ces plantes vivaces et de leur couverture du sol. De plus, la biomasse disponible y est souvent importante (si elle n'a pas été brûlée). Le semis direct de cultures est possible dès la première année d'intervention, sans avoir besoin d'une année "zéro" de préparation. L'itinéraire technique à adopter dépend avant tout des espèces à maîtriser. Dans de nombreux cas, le moyen le plus efficace de contrôler ces plantes vivaces est l'application d'herbicides totaux, à des doses relativement élevées.
Plusieurs cas de figure se présentent cependant :

Les dicotylédones vivaces et les graminées vivaces érigées (sur *tanety* essentiellement)

Ces plantes peuvent être utilisées pour préparer une couverture morte uniquement. Elles peuvent être contrôlées mécaniquement sans demander un travail trop important lorsqu'elles sont peu nombreuses, ce qui est en général le cas des dicotylédones pérennes avec racine pivotante (*Sida sp., Urena lobata,* etc.) qui peuvent être tuées par un simple coup d'*angady* à la base. Les plantes annuelles qui peuvent cohabiter avec ces vivaces peuvent être contrôlées par simple fauche ou passage d'un rouleau à cornières, après décapage des vivaces.

Le 2,4-D amine à la dose de 1 080 g/ha permet également de contrôler la plupart de ces dicotylédones vivaces (ainsi que les annuelles), à très faible coût et avec peu de travail. Pour les dicotylédones arbustives (comme *Lantana camara* très répandu à Madagascar, mais de la même manière pour *Chromolaena odorata* très fréquent en Afrique et en Asie), la meilleure solution consiste à les faucher, attendre leur reprise de végétation (environ 3 semaines, le temps que des tiges avec quelques feuilles larges se développent) puis d'appliquer du 2,4-D (1 080 à 1 440 g/ha).

Exemples de contrôle sur jachère pérenne

Sur les hautes terres, les parcelles "envahies" de *Cynodon dactylon* bien développé permettent une forte production de haricot (ou de soja) après un simple traitement herbicide à faible dose (720 à 900 g/ha de glyphosate) qui permet de contrôler le chiendent sans le tuer. La couverture vive est ainsi maintenue et le système pérennisé.

Dans le Sud- Ouest, les jachères à *Hyparrhenia sp.* ou *Andropogon sp.* bien développés permettent une forte production de coton en semis direct après traitement au glyphosate (1 800 à 2 160 g/ha, en pleine végétation).

Les graminées érigées (*aristida sp, Hypparhenia sp., Andropogon sp., Cenchrus sp.*; *Imperata cylindrica, Brachiaria sp.*, etc) peuvent également être contrôlées par décapage (sous le sol) des racines à l'*angady*. Toutefois, elles sont souvent fort nombreuses et le travail exigé est très important. Dans un tel cas, le recours aux herbicides est fortement recommandé.

Ces plantes se contrôlent par application de glyphosate, à la dose de 1 800-2 160 g/ha si les plants sont âgés. Il est possible de baisser cette dose en fauchant la végétation en place et en appliquant le glyphosate à 1 080 g/ha sur les jeunes repousses de 2 à 3 semaines (ce qui a l'inconvénient de retarder le semis d'autant).

Une espèce comme *Imperata cylindrica*, difficile à contrôler car très rhizomateuse, est d'autant mieux maîtrisée qu'on laisse sur place sa biomasse et qu'on l'utilise pour semer une plante volubile, couvrant rapidement le sol (comme la mucuna ou les vignas).

Sur un mélange de dicotylédones et de graminées, l'association glyphosate (1 080 g/ha environ) + 2,4-D (720 à 1 080 g/ha) peut être proposée, la dose de chaque herbicide variant en fonction de l'abondance des plantes vivaces de chaque type.

Les graminées vivaces rampantes ou de petite taille

Les graminées de ce type (comme *Cynodon dactylon*, présent sur *tanety* et en rizières exondées dans toutes les zones écologiques, des petits brachiarias ou panicum, *Pennisetum clandestinum* ou encore *Stenotaphrum secondatum* en climat humide), sont extrêmement difficiles à contrôler sans utilisation d'herbicide. En effet, le labour (même en début de saison sèche) est souvent insuffisant pour les contrôler et, au contraire, peut parfois faciliter leur multiplication par fractionnement des rhizomes.

Le choix des itinéraires techniques

Ces graminées vivaces sont souvent dominantes et couvrent très bien le sol. Elles peuvent être utilisées comme couverture végétale après contrôle total (couverture morte), ou partiel (couverture vive).

• *Couverture morte à partir de graminées vivaces rampantes*

Pour préparer une couverture végétale morte, ces plantes sont tuées par application de glyphosate, à la dose de 1 800-2 160 g/ha. L'idéal est de les contrôler en pleine végétation, en fin de saison des pluies du cycle précédent, ce qui accroît l'efficacité du contrôle (d'autant plus que la plante doit alors résister à la saison sèche) et permet un semis précoce. Si ces plantes vivaces n'ont pas été contrôlées à l'avance, il faut attendre la reprise de la végétation après les premières pluies (15 jours à 3 semaines environ) pour appliquer l'herbicide sur des plantes en phase végétative. Le semis peut être fait une fois l'efficacité de l'application de l'herbicide constatée. Outre un risque de moins bon contrôle des vivaces, cet itinéraire technique à l'inconvénient de retarder les semis. Pour y remédier en partie, il est éventuellement possible de semer directement, immédiatement après application de l'herbicide. On court alors le risque de reprise de la plante vivace localement si des parties ont été mal traitées ou oubliées.



Stenotaphrum secondatum *après traitement herbicide (couverture morte)*

• *Couverture maintenue vivante à partir de graminées vivaces rampantes*

Ces plantes vivaces rampantes, qui protègent parfaitement le sol et maîtrisent la plupart des plantes adventices, peuvent être utilisées pour réaliser une couverture végétale maintenue vivante. Cela exige l'emploi d'herbicide pour les contrôler temporairement et permettre l'implantation et la croissance de la culture, sans les tuer afin qu'elles produisent une forte biomasse après la récolte de la culture.

Le *Cynodon dactylon* se prête très bien à cette pratique, permettant la production durable de légumineuses en assurant une couverture permanente du sol.

Le contrôle de ces plantes vivaces rampantes utilisées en couverture végétale vivante se fait par application d'herbicide à dose réduite : glyphosate (720 à 900 g/ha en fonction de sa vigueur et de son stade de développement), ou 1/2 à 2/3 des doses recommandées d'herbicides graminicides -fop (quand ils sont disponibles).

L'application homogène de l'herbicide doit être bien maîtrisée, afin d'éviter de tuer la plante aux endroits surdosés, et de ne pas assez la contrôler dans les zones sous-dosées.



Niébé sur couverture vive de chiendent

Le contrôle de plantes de couverture vivaces installées

De nombreuses espèces utilisées comme plantes de couverture vivaces appartiennent au même genre et parfois à la même espèce que des plantes vivaces spontanées. Les plantes de couverture ont été sélectionnées pour maximiser les intérêts agronomiques (avec en premier lieu la production de biomasse, la sélection étant faite initialement par les éleveurs) et pour faciliter leur gestion.

Les plantes vivaces à rhizomes et stolons sont difficiles à contrôler mécaniquement, au contraire des plantes annuelles qui ne repartent pas si elles sont fauchées ou roulées après leur épiaison.

Ainsi, on peut utiliser en couverture végétale :

- les différentes variétés de brachiaria (en particulier *B. ruziziensis, B. brizantha, B. decumbens , B. humidicola et B. mutica*) sélectionnées à partir de plantes originaires d'Afrique de l'Est et du Sud pour en améliorer la production et les qualités fourragères, et qui ont été diffusées comme fourrages dans le monde entier ;

Le choix des itinéraires techniques

• les variétés de Tifton (Tifton 68, 78 ou 85 pour les plus connues) qui sont des hybrides de *Cynodon dactylon*, sélectionnés pour leur plus forte production et leur meilleure qualité fourragère en particulier ;

• *Cenchrus ciliaris* proche du *Cenchrus echinatus*, mais ayant une meilleure qualité fourragère et surtout plus facile d'utilisation car aux graines non épineuses ;

• les différents *Pennisetum sp.*, en particulier ceux issus du *Pennisetum purpureum* (Elephant grass) et ses hybrides (en particulier avec le *Pennisetum glaucum* comme le Bana grass, et le Capim elefante carajas), et le *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu grass) ;

• *Andropogon gayanus*, les ray grass, etc.

et diverses légumineuses, avec en particulier :

• *Stylosanthes guianensis cv CIAT 184*, relativement résistant à l'anthracnose, maladie fongique qui avait pratiquement éradiqué cette espèce fourragère très intéressante dans les années 1970 ;

• *Desmodium sp.*, *Centrosema sp.*, etc.

Le contrôle d'une couverture végétale de graminées vivaces

Le contrôle total d'une couverture végétale (couverture morte) de graminées ayant produit une forte biomasse se fait de façon optimale 3 à 6 semaines avant la date de mise en culture prévue. Le contrôle en avance présente les avantages :

• de pouvoir s'assurer du bon contrôle de ces plantes vivaces ;

• de permettre au mulch ainsi créé de se tasser, ce qui facilite le semis (qui peut être très délicat sur une forte biomasse fraîchement contrôlée) ;

• d'amorcer les processus de décomposition de la biomasse et en particulier de réduire le risque de blocage d'azote qui peut être très préjudiciable aux cultures, surtout aux céréales cultivées sur un paillage de graminées (dans un premier temps, les bactéries intervenant dans les processus de décomposition et de minéralisation consomment de l'azote, avant d'en libérer en quantité) ;

• de permettre aux cultures d'émerger rapidement de la couverture, ce qui évite l'étiolement des plantules et les attaques de champignons.

Toutefois, le climat et les cycles végétatifs ne permettent pas toujours de préparer la couverture à cette période optimale. Dans les climats avec saison sèche, il est souvent préférable de contrôler la couverture végétale en fin de saison des pluies précédente, quand elle est en pleine végétation et que l'efficacité des herbicides systémiques employés est bonne. On s'assurera simplement avant le semis que le contrôle des vivaces a été bon, et que les parcelles sont restées propres (ce qui est en général le cas quand la biomasse est importante). On fera si nécessaire un petit nettoyage par arrachage si les adventices sont en faible quantité ou application d'herbicides à faible dose (540 g/ha de glyphosate et 360 à 720 g/ha de

Exemples sur le choix du mode de contrôle

Au lac Alaotra, le contrôle d'une couverture morte à partir de *Brachiaria ruziziensis* peut se faire :

• par application d'herbicide en fin de saison des pluies précédente, si l'herbicide est disponible ;

• par décapage à l'*angady* en saison sèche, si l'herbicide n'est pas accessible ou qu'il n'a pas été appliqué à temps et que l'on souhaite mettre en place une culture à cycle long qui ne supporte pas un semis tardif ;

• par application d'herbicide en début de saison des pluies pour mettre en place une culture de cycle court (comme le haricot qui peut être semé relativement tardivement) ou une plante pérenne ou semi-pérenne qui traversera la saison sèche (comme le manioc).

Sur les hautes terres, le contrôle d'une couverture vive à partir de kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) se fait de manière générale par application d'herbicide (comme la plupart des couvertures vives). Pour une plante comme le haricot, à cycle court et qui vit en synergie avec le kikuyu, il est possible de conduire la culture sur couverture vive sans herbicide, par fauches (juste avant semis, puis de manière répétée pendant la culture). Le travail considérable que représente la fauche de la couverture dans la culture peut être rentabilisé par son utilisation comme fourrage pour l'alimentation des vaches laitières, qui fournissent des revenus très intéressants. Cette pratique n'est cependant pas possible pour une culture comme la pomme de terre qui demande un meilleur contrôle du kikuyu que le haricot.

Dans les zones gélives d'altitude, le contrôle des plantes pérennes est facilité par le gel qui permet de baisser fortement les doses d'herbicide nécessaires.

2,4-D) si les jeunes plantes sont assez abondantes. Dans ces climats, si la couverture n'a pas été préparée à l'avance, il faut attendre la reprise de la végétation après les premières pluies, ce qui retarde le semis et accroît le risque de blocage d'azote en début de cycle cultural.

• *Cynodon dactylon cv Tifton*

Les tiftons se contrôlent comme le *Cynodon dactylon* que l'on trouve dans les jachères pérennes : 1 800 à 2 160 g/ha de glyphosate pour une couverture morte, 720 à 900 g/ha de glyphosate ou 1/2 à 2/3 des doses recommandées d'herbicides graminicides -fop pour une couverture vive. Le Tifton 85 est particulièrement difficile à contrôler sans herbicide du fait de ses très gros rhizomes et de ses stolons au développement rapide. La maîtrise sans herbicide du Tifton 68, qui n'a pas de rhizomes, reste difficile et très exigeante en travail.

• *Brachiaria sp*.

Les différentes espèces de brachiaria sont utilisées pour produire une couverture végétale importante, utilisée en SCV pour réaliser des couvertures mortes. Elles ne permettent pas la culture sur couverture vive. Le mode de contrôle des brachiarias varie suivant les espèces :

Brachiaria ruziziensis est le plus facile à contrôler que ce soit par herbicide (de préférence) ou par action mécanique. Chimiquement, il est totalement maîtrisé avec 1 080 g/ha de glyphosate alors que les autres espèces (*B. Brizantha, B. décumbens, B. mutica* et surtout *B. humidicola*) sont plus résistants et nécessitent 1 800 à 2 160 g/ha de glyphosate pour un bon contrôle. Mécaniquement, le port en touffes et l'enracinement moins puissant que celui des autres brachiarias permettent d'envisager un contrôle par décapage à l'*angady* quand cela s'avère nécessaire (pas d'accès aux herbicides ou à des coûts très élevés, période de contrôle dépassée et par conséquent risque de faible efficacité de l'herbicide, etc.). *B. Brizantha* ou *B. decumbens* peuvent avoir un port en touffe qui rend possible le décapage à l'*angady*, mais au prix d'un travail très important (et d'une baisse des performances des systèmes SCV du fait de la perturbation du sol). *B. humidicola*, au système racinaire très puissant et avec nombreux rhizomes et stolons est difficile (mais possible) à maîtriser mécaniquement.

Eviter la production de graine

Parmi toutes ces graminées pérennes, seul le kikuyu grass qui peut être contrôlé chimiquement (dans une culture de légumineuse) et qui a une installation lente ne risque pas de poser de problème en cas de reprise par graine. Toutes les autres graminées pérennes sont difficiles à contrôler chimiquement (surtout dans une culture de céréale) et il est important d'éviter de les laisser produire des graines pour ne pas qu'elles "infestent" les parcelles durant les cultures suivantes. On peut pour cela les faucher à la floraison ou les faire pâturer.

Enfin, *B. ruziziensis* est l'espèce supportant le moins bien le gel. Il peut être tué par des gelées en dessous de -3° C, auquel cas il n'est pas nécessaire de le traiter à l'herbicide : le semis peut être réalisé directement sans préparation particulière. En cas de gelées plus modérées (-1 à -2°C) les doses d'herbicide à apporter sont réduites (360 à 720 g/ha en fonction de son état). *B. brizantha* et surtout *B. decumbens* sont eux beaucoup plus résistants au gel.

• *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu grass)

Le kikuyu est une plante utilisée essentiellement pour servir de couverture vive pour culture de légumineuses (haricot, soja). Son installation par boutures, relativement longue, fait qu'une utilisation en couverture morte est peu intéressante. Son contrôle avant semis se fait par simple fauche pour une gestion après semis à l'aide d'herbicide sélectif (propaquizafop à 50 g/ha ou fluazifop-P-butyl à 62,5 g/ha) ou par application de glyphosate à 720 g/ha ou moins, en fonction de sa vigueur et des possibilités de contrôle de la couverture vive durant la culture par application d'herbicides sélectifs). La première année après installation sur les hautes terres, le kikuyu est en général peu développé et la culture de légumineuse peut s'y faire directement sans traitement particulier avant semis.



Kikuyu en saison froide

Le choix des itinéraires techniques

• *Lolium multiflorum* (Ray grass italien)

Le Ray grass italien est une plante au cycle particulier, qui peut être annuelle ou bisannuelle voire même semi-pérenne. Une simple fauche ne permet pas en général de le contrôler. En rizière, où il est généralement utilisé en saison froide (étant exigeant en eau et résistant à l'engorgement, et très résistant au gel), son contrôle se fait avec 1 080 g/ha de glyphosate.

	Couverture morte	Couverture vive
Cynodon dactylon cv Tifton	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha	Glyphosate 720 à 900 g/ha ou 1/2 à 2/3 des doses recommandées d'herbicides graminicides -fop
Brachiaria ruziziensis	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha ou décapage à l'*angady*	Difficile à maîtriser
Brachiaria brizantha, B. decumbens, B. humidicola, B. mutica	Glyphosate 1 800 à 2 160 g/ha	Difficile à maîtriser
Pennisetum clandestinum (Kikuyu)	Peu intéressant	Fauche (puis propaquizafop ou fluazifop-P-butyl) ou glyphosate à 720 g/ha
Lolium multiflorum (Ray grass)	Glyphosate 1 080 g/ha	Difficile à maîtriser

Le contrôle d'une couverture végétale de légumineuses vivaces

La décomposition rapide des feuilles de légumineuses à forte teneur en azote fait que les risques de "faim d'azote" sont limités. Le contrôle de la couverture végétale peut se faire juste avant le semis, en particulier pour les espèces rampantes, dont la biomasse se tasse rapidement.

Les légumineuses rampantes pérennes (*Arachis pintoï* et *A. repens*, desmodium et trèfle) sont utilisées pour la préparation de couvertures vives uniquement, leur implantation lente, par boutures la plupart du temps, rendant leur utilisation en couverture morte peu intéressante.

Les légumineuses pérennes érigées (cajanus, crotalaire, stylosanthes) sont utilisées en couverture morte (qui peut se ressemer naturellement comme dans le cas du stylosanthes).

• *Arachis pintoï* ou *Arachis repens*

Le contrôle de la couverture se fait une à deux semaines avant la date de semis estimée. Un contrôle trop en avance est difficile car l'activité végétative des plantes est alors faible (et donc l'herbicide systémique moins efficace), et peu intéressante car le contrôle de la couverture ne se fait que pour une durée limitée, qu'il faut utiliser au mieux.



Contrôle de l'*Arachis pintoï* sur les lignes de semis du maïs

Leur contrôle est délicat et demande de l'expérience. La dose d'herbicide à utiliser varie de 360 à 1 080 g/ha de glyphosate en fonction de l'état végétatif des plantes : La dose faible à employer quand elles ont subi le gel ou une longue saison sèche doit être augmentée si la plante de couverture est au contraire bien développée et en pleine activité.

La difficulté réside dans l'ajustement de la dose à appliquer et la régularité de l'application, afin que la dose effectivement appliquée ne soit :

- ni trop forte, ce qui risquerait de tuer les plantes et conduirait à une faible biomasse pour la saison suivante (mais ne nécessiterait cependant pas une nouvelle implantation d'arachis, celle-ci repartant naturellement, mais lentement, par les graines dans le sol) ;
- ni trop faible ce qui entraînerait un risque de redémarrage trop rapide de la couverture et donc de compétition avec la culture, auquel cas, il faut appliquer un herbicide sélectif dans la culture, comme le triclopyr à 360 - 480 g/ha.

Le choix des itinéraires techniques

Le traitement à l'herbicide se fait en plein pour l'installation de cultures à forte densité comme le riz. Il peut se faire en bandes sur lesquelles seront installées des cultures qui peuvent se conduire en lignes espacées, comme le maïs. La quantité d'herbicide appliquée et donc le coût sont alors fortement réduits et la gestion est plus facile.

On peut aussi utiliser (quand disponible) du diquat ou du paraquat en application localisée sur les lignes de culture, ou en application généralisée à faible dose (300 g/ha), ou encore une solution saline (KCl à 25% + vinaigre) pour un contrôle suffisant de l'arachis pendant les 30 premiers jours du cycle de culture.

Enfin, pour l'installation d'une culture de maïs sur couverture vive d'*Arachis sp.*, il est aussi possible d'utiliser l'atrazine à 1 000 - 1 250 g/ha.

• *Desmodium uncinatum*

En altitude (> 1500 m), *Desmodium uncinatum* peut être contrôlé naturellement par le gel, auquel cas aucun traitement n'est nécessaire avant semis.

En l'absence de gel, le desmodium peut être simplement fauché (et éventuellement utilisé pour l'alimentation animale), ce qui suffit en général pour le contrôler le temps que la culture se mette en place. Un contrôle par glyphosate à faible dose (180 g/ha) est également possible pour ceux qui ne disposent pas de la force de travail nécessaire pour la fauche, et/ou ne souhaitent pas nourrir d'animaux.



Parcelle de maïs sur desmodium à la sortie de l'hiver

• *Trifolium repens*

Comme pour le desmodium, le trèfle blanc peut être suffisamment contrôlé par le gel en altitude, ou par une simple fauche.

Il peut aussi être contrôlé chimiquement à l'aide de 2,4-D (1 060 g/ha).

En rizière, il peut également être contrôlé par inondation.

Enfin, un apport d'engrais azoté (urée) peut aussi suffire à le contrôler le temps que la culture (céréale de préférence) soit suffisamment développée pour ne plus craindre sa concurrence.



Forte biomasse de Crotalaria grahamiana *après riz*

• *Cajanus cajan ou crotalaria sp.*

Plantes semi-pérennes, arbustives et ligneuses, les cajanus et les crotalaires se contrôlent facilement par fauche au ras du sol (d'un coup d'*angady* ou de coupe-coupe en culture manuelle). La biomasse ainsi coupée est simplement laissée sur la parcelle.

Précaution à prendre : une fois fauchées à la base, les tiges ligneuses peuvent être tranchantes. Le port de chaussures est recommandé pour le travail dans ces parcelles.

Il est aussi possible de contrôler les crotalaires par passage d'un rouleau à cornières, suffisamment lourd pour couper les tiges encore peu lignifiées.

	Couverture morte	Couverture vive
Arachis pintoï ou A. repens	Peu intéressant	Glyphosate 360 à 1 080 g/ha
Desmodium uncinatum	Peu intéressant	Gel, fauche ou 2,4-D à 1 060 g/ha
Trifolium repens	Peu intéressant	Gel, fauche ou 2,4-D à 1 060 g/ha
Cajanus ou crotalaire	Décapage à l'*angady*	Pas possible

Le choix des itinéraires techniques

• *Stylosanthes guianensis*

Le contrôle total du stylosanthes pour en faire une couverture morte doit se faire en fin de saison sèche, deux à dix semaines avant la date de semis estimée, d'autant plus tôt que la biomasse aérienne est importante. Le semis dans une très forte biomasse peut être délicat et il est facilité si cette biomasse a eu le temps de se tasser.



Simple fauche au ras du sol sur biomasse moyenne. Sud-Est humide Stylosanthes vert toute l'année

Contrôle manuel

Un des avantages du *Stylosanthes guianensis* pour les SCV en petite agriculture familiale est que, bien qu'étant une plante pérenne, il peut être totalement contrôlé par une simple fauche au ras du sol. Il suffit donc de le couper d'un coup d'*angady* en culture manuelle, ou par passage de gyrobroyeur ou d'outil à marteaux en culture mécanisée.

Les plants de stylosanthes sont ainsi tués pour réaliser une couverture végétale morte. On peut cependant pérenniser le système facilement en laissant simplement grainer le stylosanthes avant de le couper, ce qui permet à la plante de couverture de se réinstaller naturellement.



Enroulement du stylosanthes pour la fauche des pieds sous forte biomasse

Dans le cas d'une biomasse "moyenne" (5 à 10 t/ha de matière sèche), le stylosanthes ainsi fauché peut être simplement laissé au sol, sans qu'il ne gêne la progression lors de la fauche.

Pour les fortes biomasses (12 à 20 t/ha), l'épaisseur de la biomasse aérienne rend difficile l'accès aux pieds des plantes pour les couper manuellement.



*Fauche du pied d'un coup sec d'*angady
Photo : R. Michellon

Les nombreuses tiges ligneuses du stylosanthes font cependant que la couverture qu'elles forment est facile à manipuler. On peut en particulier l'enrouler, ce qui permet de progresser en accédant aux pieds pour les couper.



En tirant ou repoussant la biomasse avec le manche des *angady* on peut facilement l'enrouler.

Enroulement de la couverture sur forte biomasse
Moyen-Ouest. Stylosanthes sec après 6 mois sans pluies
Photo : R. Michellon

Le choix des itinéraires techniques



Enroulement de la couverture après fauche des pieds
Photo : R. Michellon

Les pieds de stylosanthes sont coupés au fur et à mesure de la progression de la couverture ainsi enroulée. On s'assure que tous les pieds ont bien été coupés.



Mise à plat d'une termitière
Photo : R. Michellon

Quand les rouleaux sont jugés trop lourds et difficiles à manipuler, la couverture est coupée en ligne à l'*angady*. Les bandes ainsi constituées font une dizaine de mètres.

Le sol est remis à plat sous la couverture si nécessaire, comme dans le cas du développement de termitières.

Le rouleau est ensuite déroulé et la couverture est remise en place pour recouvrir le sol. La progression reprend avec la confection d'un nouveau rouleau et ainsi de suite.



Coupe de la couverture sur une ligne quand le rouleau est difficile à manipuler
Photo : R. Michellon

La couverture végétale se tasse naturellement et permet un semis dans d'excellentes conditions un mois plus tard environ, sans autre traitement.

Une telle biomasse permet souvent le contrôle des adventices pendant deux saisons de culture (sauf en milieu tropical humide et chaud toute l'année).

<u>Contrôle mécanique et chimique</u>

Pour les grandes parcelles, le contrôle manuel est très exigeant en temps. Un contrôle mécanique et chimique est préférable. Ce contrôle se fait par roulage (ou piétinement) du stylosanthes quand sa biomasse est jugée suffisante. A sa reprise, lorsqu'il se redresse, on peut appliquer soit un mélange d'herbicide (540 à 1 080 g/ha de glyphosate + 1 080 g/ha de 2,4-D), soit une solution de KCl à 25 % avec du vinaigre (3 litres de vinaigre par 100 litres de solution). La dose de KCl à apporter par hectare est donc fonction de la quantité de solution utilisée (25 kg/ha pour une pulvérisation à 100 l/ha, mais 50 kg/ha pour une pulvérisation à 200 l/ha, la concentration du produit, et donc la pression osmotique engendrée, étant plus importante que la dose).



Remise en place de la couverture
Photo : R. Michellon

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des plantes de couverture annuelles

La préparation des parcelles
Forte biomasse

Le contrôle de couvertures végétales à base de cultures de contre-saison ou de plantes de couverture annuelles en fin de cycle

Le choix des systèmes en SCV vise (entre autres) à optimiser la production de biomasse et à disposer d'une couverture végétale importante au moment de la mise en place de la culture principale. Outre l'utilisation de plantes de couverture vivaces, on peut :

• utiliser des plantes de couverture annuelles, capables de se développer en saison sèche et/ou froide. Ces plantes, installées en relais (semis dans la culture en fin de cycle) ou succession (semis après récolte de la culture) des cultures principales produisent une forte biomasse en contre-saison. Leur cycle est en général "calé" pour apporter une biomasse maximale (après la floraison) juste avant le semis de la culture suivante ;

• installer des cultures de contre-saison qui termineront leur cycle juste avant la remise en culture du cycle principal. Outre la production d'une culture rémunératrice, ces cultures de contre-saison (quand elles sont possibles) permettent "d'entretenir" les SCV par des apports réguliers de biomasse.



Contrôle de Vigna umbellata *par passage de rouleau à cornières*

De manière générale, les plantes vivaces sont absentes dans ces situations, ayant été contrôlées avant l'installation des plantes de couverture annuelles (les quelques plantes qui ont pu survivre peuvent être facilement décapées à l'*angady*). De plus, ces plantes annuelles ont en général supprimé de la parcelle les adventices annuelles (ou vivaces dans certains cas comme la vesce sur le cynodon) , par effet d'ombrage et/ou allélopathie.

Qu'il s'agisse de graminées comme l'avoine, le blé ou l'orge, de légumineuses comme la vesce, les vigna, la dolique ou les petits pois, ou de crucifères comme le radis fourrager, ces plantes annuelles se contrôlent facilement : elles meurent naturellement une fois les grains produits. La préparation de la parcelle se limite alors à vérifier que des adventices ne se soient pas développées (auquel cas une application d'herbicide à faible dose est nécessaire : 540 g/ha de glyphosate pour les graminées, 720 g/ha de 2,4-D pour les légumineuses) et à coucher les pailles au sol, ce qui peut aussi se faire durant la récolte.

Le contrôle de couvertures végétales à base de résidus

Le contrôle de couvertures végétales à base de résidus de récolte abondants et de plantes de couverture annuelles ayant fini leur cycle

Lorsque le climat et le régime hydrique ne permettent pas la culture en contre-saison, l'augmentation de la production globale de biomasse, pour "alimenter" les SCV, s'obtient par les associations de cultures avec des plantes de couverture. Ces cultures et plantes de couverture terminent cependant leur cycle plusieurs mois avant le semis de la culture suivante. Elle ne demandent aucun contrôle particulier car elles sont déjà mortes. Cependant, durant la période sans aucune culture ou plante de couverture implantée, des plantes adventices peuvent se développer. Elles sont d'autant plus présentes et abondantes que la biomasse au sol est peu importante et que la période sans culture est longue. La préparation de la parcelle se limite alors à contrôler ces adventices qui auraient pu se développer.

Exemples sur résidus abondants

Après un maïs associé à du niébé ou de la dolique, fertilisés et ayant donné une forte production (4-5 t/ha de maïs + 1 t/ha pour la légumineuse), la biomasse produite est en général suffisante (plus de 8 t/ha, avec une plante volubile qui a recouvert les autres) pour avoir contrôlé la plupart des adventices et pour pouvoir conduire la saison suivante une culture de riz sans herbicide.

Ces adventices sont en général des adventices annuelles qui peuvent se contrôler soit :

• mécaniquement par fauche (si elles sont peu abondantes et de grande taille, mais n'ayant pas achevé leur cycle, auquel cas il n'est pas nécessaire de les traiter), passage

d'un rouleau à cornières (ou d'un motoculteur avec des roues-cages) ou par gyrobroyage de la végétation encore vivante (en laissant la paille en place) ;

• chimiquement par l'application d'herbicide à faible dose (360 à 720 g/ha de 2,4-D sur les dicotylédones, 360 à 540 g/ha de glyphosate sur les graminées, éventuellement en mélange) si elles sont abondantes et en végétation.

Dans le cas (rare) de parcelles avec une forte biomasse de résidus de récolte mais dans lesquelles les plantes vivaces n'ont pas été éliminées (échec du traitement précédent), la seule solution est de faucher et d'enlever la biomasse en place pour pouvoir appliquer un herbicide total sur les plantes vivaces (l'application directe d'herbicide n'est pas possible, la biomasse risquant d'intercepter les herbicides et de protéger les plantes vivaces en dessous). Si les plantes vivaces apparaissent en taches, il suffit de conduire cette opération localement sur ces taches.

Le contrôle de plantes de couverture utilisées en mélanges

Dans le cas où les plantes de couverture sont utilisées en mélanges, le contrôle se fait :

• mécaniquement, par fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage si toutes les espèces utilisées dans le mélange peuvent être contrôlées ainsi (mélange de plantes annuelles comme avoine + vesce + radis fourrager + lupin par exemple) ;

• chimiquement dans le cas contraire, en appliquant les doses d'herbicides nécessaires à contrôler l'espèce la plus résistante, et en mélangeant éventuellement des herbicides pour contrôler un mélange de graminées et de légumineuses (mélange glyphosate + 2,4-D sur un mélange brachiaria + cajanus par exemple).

Dans le cas d'un mélange de plantes de couverture incluant des espèces vivaces que l'on souhaite contrôler sans utiliser d'herbicide, il est possible de les décaper à l'*angady*, mais au prix d'un très important travail.

Les temps de travaux pour le contrôle des couvertures

L'application d'un herbicide avec un pulvérisateur à dos prend 4 à 6 jours de travail par hectare.

Le passage d'un rouleau à cornières tiré par des zébus prend 3 à 5 jours/ha en moyenne pour un attelage.

Le décapage à l'*angady* est beaucoup plus long, pouvant atteindre plus de 150 jours/ha sur des plantes vivaces à rhizomes, nombreuses.

La préparation manuelle d'une couverture de stylosanthes à forte biomasse prend 100 à 120 jours/ha et demande la mobilisation d'équipes de 4 à 5 personnes qui travaillent ensemble.

2.4. Synthèse sur la préparation des parcelles

Le travail du sol, parce qu'il a un impact très négatif sur l'écosystème "sol", doit être évité autant que possible. Il n'a d'intérêt qu'en année "zéro" de préparation du semis direct, sur des parcelles à faible biomasse disponible, et tout particulièrement sur sol battant.

Cette année "zéro" de préparation doit absolument éliminer toutes les plantes vivaces qu'on ne souhaite pas garder comme couverture végétale vive.

Selon les moyens disponibles et les espèces présentes, ce contrôle des plantes vivaces peut se faire :

• simplement par décapage à l'*angady,* ce qui a l'avantage de se faire sans matériel spécifique ni intrants, en saison sèche (durant laquelle la charge de travail est relativement faible) mais entraîne une perturbation du sol, est difficile à réaliser sur plantes à stolons ou rhizomes et engendre un travail considérable ;

• par labours répétés (technique bien maîtrisée par les agriculteurs), sans intrant chimique, mais au prix d'un travail très important (surtout quand il est fait manuellement) et qui engendrent érosion et forte perturbation du sol ;

• par traitement herbicide, ce qui nécessite une bonne maîtrise technique de ces pro-

duits et ne peut se faire que s'ils sont accessibles et que l'on dispose du matériel nécessaire. En revanche, cette pratique permet un excellent contrôle de toutes les plantes indésirables, en peu de temps, sans perturbation du sol ni érosion.

La préparation des parcelles
Synthèse

Par la suite, pour l'installation de cultures en SCV, la préparation des parcelles se limite au contrôle des couvertures végétales (annuelles ou vivaces), qui peut se faire (en fonction des espèces à contrôler et des moyens disponibles) :

• par traitement herbicide, avec les mêmes avantages et contraintes que pour le contrôle des plantes vivaces en année "zéro", mais qui permet également le contrôle temporaire des couvertures vives et a l'intérêt, par rapport aux autres pratiques, d'éviter que la couverture ne soit emportée par les eaux de pluie (en particulier sur pente forte). Cette pratique peut cependant être délicate à mettre en œuvre avec un simple pulvérisateur dans le cas d'une parcelle à très forte biomasse (mais ne pose pas de problème en agriculture mécanisée), et doit parfois se faire à une période précise (souplesse du calendrier d'application variable selon les espèces) ;

• par décapage à l'*angady*, avec les mêmes avantages et inconvénients que pour la maîtrise des adventices vivaces. Il n'est cependant pas possible de préparer des couvertures vives de cette manière, la plante de couverture ne pouvant pas être contrôlée partiellement ;

• par fauche, passage d'un rouleau à cornières ou gyrobroyage pour une couverture morte à partir de plantes annuelles. Ces techniques très simples ne demandent aucune connaissance particulière (si ce n'est celle des plantes). La fauche manuelle représente un travail important, mais peut se faire avec un matériel très limité. Un rouleau à cornières, peu coûteux et simple à fabriquer réduit considérablement le temps de travail. Le gyrobroyage, très rapide, nécessite un investissement nettement plus important.

Les herbicides pour le traitement des parcelles

Pour le traitement des parcelles sans travail du sol, deux herbicides systémiques sont particulièrement intéressants :

• le glyphosate, qui contrôle la plupart des graminées et cypéracées vivaces (et certaines dicotylédones) à une dose de 1 800 g/ha de matière active ;

• le 2,4-D amine qui contrôle la plupart des dicotylédones à une dose de 1 080 g/ha de matière active.

Ils contrôlent à des doses plus faibles (360 à 540 g/ha pour le glyphosate, 360 à 720 g/ha pour le 2'4-D) les plantes annuelles.

En fonction du type de flore à contrôler et de leur stade, on peut utiliser ces deux produits en mélange à des doses variables, en :

• favorisant le 2,4-D (très peu coûteux) sur les dicotylédones et le glyphosate pour les graminées ;

• réduisant les doses sur des jeunes plants en pleine végétation et en augmentant les doses pour contrôler des plants âgés, peu actifs végétativement.

2.5. Quelques erreurs à éviter lors de la préparation des parcelles

La préparation des parcelles est une étape importante qui conditionne le reste de l'itinéraire technique. Il est important de la réussir et d'éviter des erreurs qui engendrent des difficultés pour la suite de la conduite de la parcelle. Il faut être très vigilant pour éviter en particulier :



• un mauvais contrôle des plantes vivaces en année "zéro", qui peut être lié à de mauvaises conditions d'application de l'herbicide ou un mauvais choix des pratiques (labour de plantes à rhizomes par exemple), et qui entraîne des difficultés pour la conduite de la culture mais aussi pour la mise en culture en semis direct les années suivantes ;

• le travail du sol quand il n'est pas nécessaire en année "zéro", et tout travail du sol les années suivantes, sur des systèmes SCV installés mais qui pourraient rencontrer des difficultés ;

• le traitement d'une couverture insuffisante quand on ne dispose pas des moyens pour assurer un bon contrôle des adventices par la suite (préférer concentrer la biomasse) ;

• le contrôle trop précoce d'une couverture à faible biomasse, et en particulier pour les biomasses à bases de légumineuses à décomposition rapide, qui risque d'entraîner une mauvaise maîtrise des adventices ;

• le contrôle trop tardif d'une couverture à très forte biomasse, ce qui peut engendrer des difficultés pour semer dans une couverture qui ne s'est pas tassée suffisamment.

Le choix des itinéraires techniques

3. Le semis

Le semis est une étape clef de l'itinéraire technique, déterminant les conditions d'implantation et de croissance des cultures et le contrôle des adventices. C'est lors du semis que se fait l'ajustement d'un grand nombre de paramètres qui permettent d'optimiser les populations de plantes et leur production de grains, fibres et/ou tubercules et de biomasse totale.

L'installation de populations de plantes se raisonne donc de manière à répondre à un double objectif :

- gérer la compétition avec la culture principale (dans le cas d'association) ;
- permettre une bonne production des plantes associées ou en succession.

Ce double objectif doit être atteint avec les moyens disponibles (force de travail, matériel, intrants), en tenant compte des contraintes au niveau de l'exploitation. Pour cela, les divers paramètres techniques du semis peuvent et doivent être ajustés précisément.

Les modalités optimales de semis sont très largement dépendantes des situations ou unités agronomiques qui déterminent la période de production possible.

Pour une unité agronomique donnée (climat x régime hydrique x fertilité), les modalités du semis (date, mode, densité, profondeur, agencement dans l'espace et fertilisation des différentes plantes), qui permettent de gérer la compétition entre plantes, dépendent avant tout des caractéristiques spécifiques et variétales des plantes cultivées et des plantes associées. Ces plantes sont choisies (lors du choix des systèmes, cf. Volume II. Chapitre 1.) pour leurs capacités à s'adapter à cette unité agronomique et pour leur compétitivité relative pour la lumière (liée au cycle, à la vigueur au départ et au port) et pour l'eau et les éléments nutritifs (liée essentiellement à leur système racinaire).

Les objectifs des associations

Les paramètres du semis sont des "outils" majeurs qui permettent de gérer les associations. Ces paramètres sont ajustés pour répondre à un objectif, qui est en général de maximiser la production des plantes associées, sans nuire au rendement de la culture principale. On peut cependant dans certains cas (en particulier les premières années pour amorcer la "pompe" des SCV) favoriser la production de biomasse par les plantes de couverture en optimisant leur installation.

Les paramètres techniques optimums du semis pour un système de culture donné, sur une unité agronomique donnée, se raisonnent dans un ensemble, avec de nombreuses interactions entre les différents paramètres. Un peuplement optimal peut cependant être déterminé à l'avance, avec les différents paramètres pour le semis. Ces paramètres pour un peuplement optimal sont présentés en détail dans les fiches techniques par système et par zone (cf. Volume V.), pour chaque situation.

Toutefois, dans la pratique, le semis est en général le fruit de compromis permettant de se rapprocher le plus possible de l'optimum pour ces paramètres, avec les moyens disponibles au niveau de l'exploitation (force de travail, matériel, etc.). Les aléas font que ces optima ne peuvent pas toujours être obtenus pour tous les paramètres du semis. Lorsqu'un paramètre ne peut être réalisé de manière optimale, il est alors indispensable de réajuster les autres paramètres du semis afin d'optimiser la population de plantes pour la situation réelle sur le terrain.

La gestion des associations nécessite donc de l'anticipation (lors de la conception des systèmes et des itinéraires techniques) et de la réactivité (lors de la mise en place sur le terrain).

Certains paramètres du semis sont fondamentaux et sont fortement influencés par des facteurs extérieurs (climat, fertilité du sol, etc.). Ils concernent avant tout la culture principale, pour laquelle les paramètres sont fixés en priorité à leur optimum. La date et la densité de semis de la culture principale (qui déterminent le peuplement) sont particulièrement importantes pour assurer une bonne production. Leur réalisation dans des conditions optimales est un objectif majeur à atteindre.



Semis manuel dans la paille

Le choix des itinéraires techniques

Le semis

D'autres paramètres du semis, liés aux plantes associées (comme la date de semis, le mode, la densité, la profondeur de semis ou les variétés), à l'agencement des plantes entre elles ou à la fertilisation sont plus flexibles et peuvent être ajustés facilement. Ils se raisonnent dans un ensemble complexe et donnent de la souplesse pour obtenir des peuplements optimaux, une fois que les paramètres pour la culture principale sont fixés et effectivement réalisés, dans des situations réelles (de conditions climatiques, moyens disponibles, date de semis effective de la culture principale, etc.).

La détermination des paramètres optimaux se fait donc dans un ensemble, en identifiant tout d'abord ceux pour la culture principale. Ces paramètres pour la culture principale peuvent être ajustés si nécessaire, avant son semis, pour faciliter l'installation des plantes associées (agencement dans l'espace en particulier comme dans le cas du semis en doubles rangs).

Les paramètres pour le semis des plantes associées sont alors déterminés. Il doivent cependant être ajustés après le semis de la culture principale pour s'adapter aux conditions effectives de la parcelle en culture.



Les principes de gestion de populations de plantes

La culture principale reçoit la priorité. Une fois les conditions de son succès assurées, les plantes associées sont installées pour se développer où et quand de l'espace est disponible, sans engendrer de compétition pour la culture. La gestion des populations se fait par un décalage entre plantes dans le temps (dates de semis) et/ou dans l'espace (densité de semis, agencement dans l'espace) et par régulation de leur vitesse de croissance (profondeur de semis, apports localisés d'engrais, implantation par boutures ou par graines lors du semis, fauches ou application d'herbicides après semis). Comme pour les adventices, on cherche à faire en sorte que les plantes associées ne fassent pas de concurrence à la culture principale pendant les 30 à 45 premiers jours du cycle. A partir du moment où la culture recouvre totalement le sol, les espèces associées sont contrôlées naturellement et efficacement par ombrage. Il faut cependant prendre garde à ce que les plantes associées soient placées dans des conditions qui leur permettent une bonne production de biomasse, faute de quoi leur intérêt est limité.

Le choix de l'itinéraire technique : l'ajustement des paramètres du semis

1 — Déterminer les paramètres techniques pour assurer la mise en place de la culture principale dans des conditions optimales

Date de semis optimale pour la culture	Densité de semis optimale pour la culture	Mode de semis de la culture adapté aux moyens	Profondeur de semis adaptée à la culture	Variété performante
Page 45	Page 47	Page 48	Page 49	Page 49

2 — Déterminer les paramètres techniques pour assurer la mise en place des plantes de couverture en association ou en relais

Date de semis optimale des plantes associées	Densité de semis optimale des plantes associées et agencement des plantes dans l'espace	Mode de semis ou d'implantation des plantes associées	Profondeur de semis des plantes associées adaptée	Variétés des plantes associées adaptées au système
Page 52	Page 54	Page 55	Page 55	Page 56

Apport (localisé) de fertilisation au semis Page 57

3 — Réaliser le semis
Page 58

Le choix des itinéraires techniques

3.1. Assurer la mise en place et les conditions de croissance de la culture principale

La date de semis de la culture principale

Date optimale de semis

La date de semis de la culture principale a une forte influence sur les performances du système, tout au long du cycle. La date optimale de semis est déterminée avant tout par l'arrivée des pluies et/ou le régime hydrique de la parcelle. La préparation de la parcelle doit être faite aussitôt que possible pour permettre un semis dès les premières pluies "utiles".

La date de semis de la culture principale conditionne en particulier la biomasse produite par le système et en conséquence ses performances et la vitesse de transition entre systèmes conventionnels et systèmes SCV.

Un avantage majeur des pratiques de semis direct sur couverture végétale permanente est qu'elles permettent une préparation précoce des parcelles, qui rend le semis possible dès les premières pluies utiles. Les SCV permettent aussi le semis à sec, en fin de saison sèche quand les pluies se font attendre : le risque de germination après des premières pluies en faible quantité (ce qui ne permettrait pas aux plantules de survivre si les pluies ne s'installaient pas rapidement), important sur sol nu, est fortement limité par le paillage qui intercepte l'eau des premières pluies. Les graines, placées sous la paille ne sont humidifiées qu'après que le paillage ait accumulé plus de 10 à 20 mm d'eau. Grâce à une bonne infiltration, le sol a alors constitué une réserve en eau permettant aux plantes de supporter une période sèche, d'autant plus que l'évaporation est réduite par la couverture.

Le semis direct offre donc une plus grande souplesse que les systèmes conventionnels, et facilite le semis précoce ce qui est un atout majeur en agriculture.

En année "zéro" de préparation du semis direct, qui se fait souvent après travail du sol, il est très important d'arriver à semer tôt pour permettre une "entrée" rapide dans ces techniques. Il faut pour cela réaliser au plus tôt la préparation du sol quand elle est nécessaire. Un semis trop tardif en année "zéro" peut entraîner une production de biomasse insuffisante pour pouvoir réaliser un semis direct dans de bonnes conditions la saison suivante, engendrant en particulier des difficultés de préparation de la parcelle (faut il re-labourer ou non?) et de contrôle des adventices. De plus, les améliorations agronomiques liées au semis direct ne se font pas, ou faiblement, ressentir : amélioration lente (voire dégradation) de la structure du sol, non contrôle des adventices (qu'il faut arracher en semis direct, ce qui prend plus de temps que le sarclage sur labour), etc. La transition des systèmes conventionnels vers les systèmes SCV devient longue et compliquée.

Intérêts d'un semis précoce

Sur le plan agronomique, un semis précoce est de manière générale très favorable. Le respect d'une date de semis précoce est particulièrement important car il permet :

- d'optimiser la période de culture (capital dans les climats à longue saison sèche et/ou froide) et l'utilisation de l'eau, et ainsi de réduire le risque climatique ;
- d'installer les plantes de couverture plus tôt, et donc dans de meilleures conditions (certains systèmes avec successions intra-annuelles peuvent même être impossibles à conduire sans un semis précoce de la culture principale) ;
- de maximiser la production totale ;
- d'obtenir rapidement une bonne couverture du sol et par là, de réduire l'érosion et la pression des adventices ;
- de réduire la pression des insectes et des maladies dont les cycles de multiplication commencent souvent avec les pluies.

Quand le semis ne peut être effectué tôt, les contraintes agronomiques augmentent (augmentation de la pression des adventices et des bioagresseurs, dégradation par l'érosion sur sol nu exposé aux pluies violentes en début de cycle, etc.). Le risque climatique (manque d'eau pour terminer le cycle de la culture) augmente également et le potentiel de production diminue rapidement (en particulier pour les variétés photo-périodiques). Plus le climat est contraignant et plus la pression des bioagresseurs et des adventices est élevée, plus un retard dans le semis a des conséquences négatives importantes.

De plus, le semis tardif de la culture principale rend plus difficile la gestion des associations et/ou successions. Il réduit la quantité de biomasse produite et, en conséquence, les performances des systèmes SCV.

Le semis doit donc être réalisé dès les premières pluies "utiles", soit après 40 à 50 mm tombés en quelques jours en début de saison des pluies. La réserve en eau ainsi constituée dans le sol permet de supporter jusqu'à deux à trois semaines sans pluies, ce qui est fréquent en début de cycle, quand les pluies ne sont pas encore "installées".

Le choix des itinéraires techniques

Cas particulier

Dans certaines situations très particulières, le semis dès les premières pluies utiles n'est pas la meilleure option agronomique.

Climat très humide
C'est le cas par exemple de milieux très humides dans lesquels il est préférable de caler les cycles de culture (si cela ne peut être fait par le choix des variétés), de manière à éviter d'arriver à floraison à une période à forte nébulosité (à laquelle le riz est sensible), ou à maturité pendant les mois extrêmement pluvieux (en particulier pour des cultures sensibles comme le soja).

Risque de période sèche
C'est aussi le cas de milieux à saison des pluies avec un risque de "trou" pluviométrique de quelques semaines ou de type bimodal pour lesquels il faut éviter l'arrivée à floraison, période très sensible, à un moment de déficit hydrique marqué.

Parcelle isolée sous forte pression de ravageurs
De plus, quand la pression de certains ravageurs comme les oiseaux ou les rats est forte (cas fréquent des zones de défriche), une parcelle isolée est plus fortement touchée que des parcelles arrivant ensemble à maturité sur de grandes surfaces. Le semis précoce mais de manière isolée perd alors ses avantages.

Date effective de semis

Le semis est cependant une étape très exigeante en travail (ou en équipements dans le cas d'une agriculture mécanisée). Il est par conséquent difficile au niveau d'une exploitation d'arriver à réaliser tous les semis sur une période de temps très courte, surtout si la préparation des parcelles n'a pas pu être faite à l'avance.

La réalisation effective du semis de l'ensemble des parcelles d'une exploitation demande donc une bonne organisation et dépend :

- des moyens mobilisables au niveau de l'exploitation au moment du semis (force de travail et matériel) ; et
- du temps nécessaire au semis de l'ensemble des parcelles et en conséquence du mode (manuel ou mécanisé, à la volée ou en lignes/poquets), et de la densité de semis.

De manière générale, les moyens et le mode de semis doivent être adaptés pour permettre de semer rapidement l'ensemble des parcelles à la densité de semis optimale.

Cependant, quand les moyens nécessaires à un semis rapide ne peuvent pas être mobilisés, il faut rechercher un compromis entre date, mode et densité de semis compatible avec les moyens disponibles, et qui minimise la perte de potentiel de rendement des cultures.

Un des atouts majeurs des pratiques de semis direct est qu'elles allègent fortement la charge de préparation des parcelles et permettent un semis précoce, sur l'ensemble de l'exploitation.

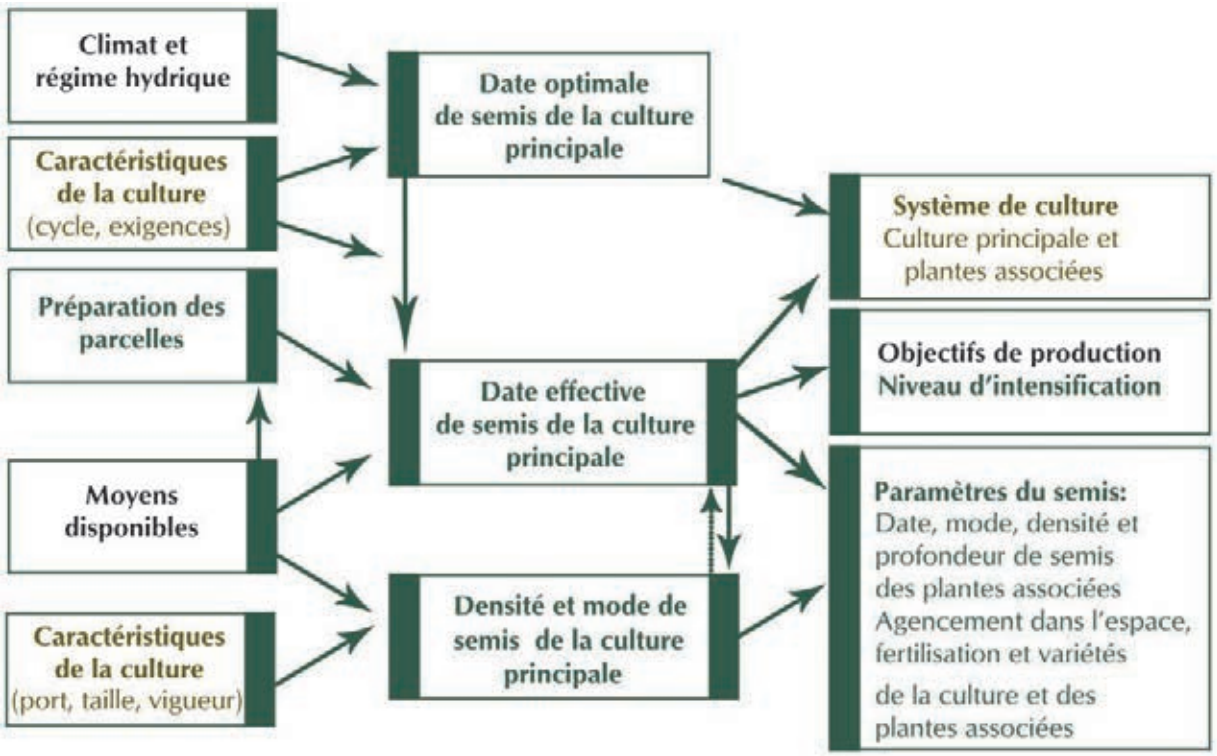
En cas de semis tardif, le potentiel de production étant plus faible et les risques plus élevés, l'apport d'intrants n'est plus forcément intéressant ni même rentable. Les objectifs de production, le niveau d'intensification et les autres paramètres du semis (agencement dans l'espace, densité, profondeur et variétés) doivent être réajustés. Quand le retard est très important, le système de culture lui-même peut être voué à l'échec et il ne faut pas hésiter à le changer pour des cultures de cycle plus court, moins exigeantes.

Exemples sur la date de semis de la culture

Sur les hautes terres, une installation très précoce sur les *tanety* peut se faire en semis direct, en semant à sec en octobre, avant l'arrivée des premières pluies. Il permet :

- d'installer les cultures sur les *tanety* à temps, sans retarder les semis dans les rizières (qui sont en général prioritaires) ;
- d'éviter un risque de froid à la floraison ;
- de réduire les risques de grêle avant récolte.

Le choix des itinéraires techniques



La densité de semis de la culture principale

Densité optimale de semis

Avec la date de semis, la densité est un facteur fondamental qui détermine le peuplement de la culture principale et par là ses performances. Ce paramètre doit être ajusté en fonction de la culture (espèce et variété), du taux de germination des semences, de la pression des adventices et des objectifs de production, en liaison avec les limitations climatiques (l'eau en particulier) et de la fertilité (fertilité du sol x apports de fertilisation). Ces objectifs de production peuvent être revus en fonction de la date de semis effective (qui influence le risque climatique et la pression des adventices), ce qui peut amener à revoir également les apports d'engrais.

La densité de semis de la culture principale est déterminée avec pour objectifs :

- d'obtenir rapidement une bonne couverture du sol (pour l'interception de la lumière). Ce paramètre dépend des espèces et des variétés (en particulier leur capacité de tallage pour les céréales) et de leur alimentation ;
- de permettre aux plantes de compléter leur cycle dans de bonnes conditions d'alimentation en eau et éléments nutritifs. La densité s'adapte donc en fonction du facteur le plus limitant. En cas de risque de manque de l'un des deux, une faible densité permet aux plantes de terminer leur cycle sur les réserves du sol, alors que ces réserves seraient épuisées rapidement avec une forte densité.

La densité de semis

Une forte densité de semis permet à la culture de couvrir plus rapidement le sol et d'être plus compétitive par rapport aux mauvaises herbes. Elle peut avoir un effet négatif d'épuisement rapide des ressources en eau et en éléments fertilisants quand celles-ci sont limitantes.

Une faible densité de semis permet d'éviter cet effet et de faire en sorte que toutes les plantes aient suffisamment de ressources pour terminer leur cycle. Elle limite cependant le potentiel de production.

Exemples sur la densité de semis

Pour un maïs semé dans le Sud-Ouest, en milieu semi-aride, sur sols relativement pauvres et avec un objectif de production de 1-2 t/ha, un peuplement de 10 000 plants/ha est suffisant. Pour une production de 5-6 t/ha au lac Alaotra sur sol fertilisé, le peuplement recommandé est de 30 000 à 40 000 plants/ha. Un maïs cultivé pour l'ensilage est semé à forte densité pour atteindre un peuplement élevé de 80 000 à 100 000 plants/ha.

Le choix des itinéraires techniques

La densité de semis de la culture principale

Le semis

Densité effective de semis

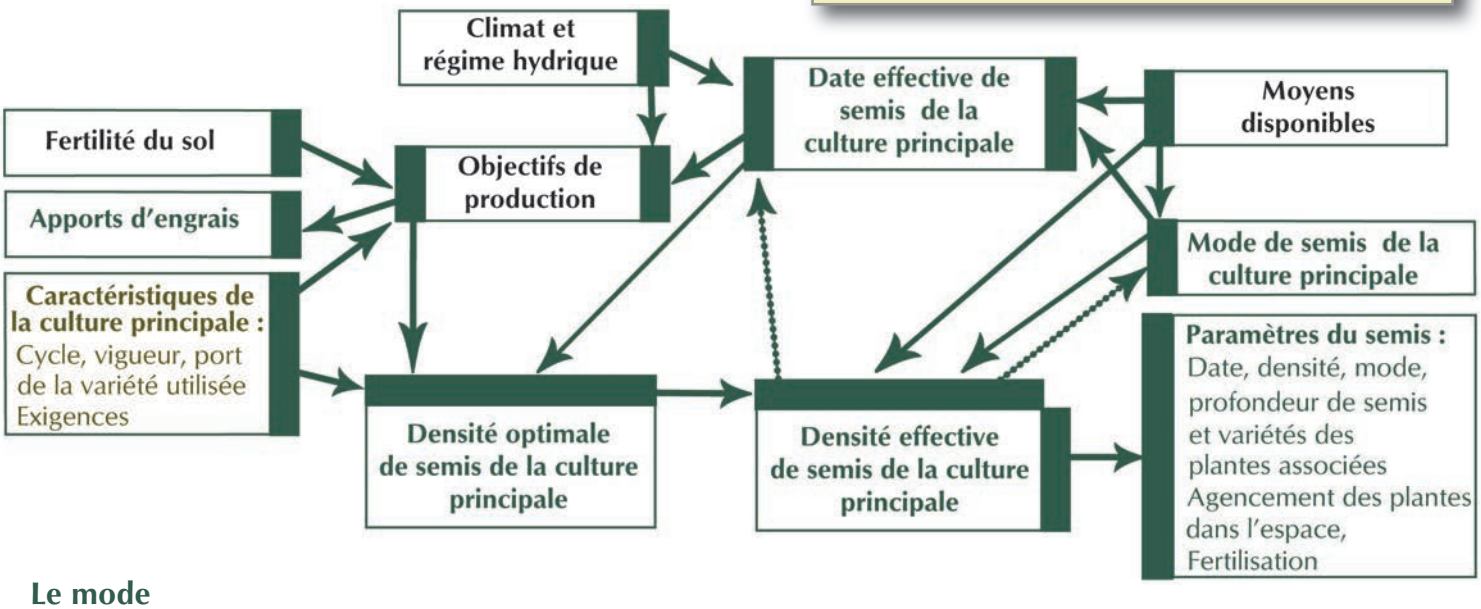
La densité effective de semis dépend de la densité optimale (liée aux caractéristiques de la plante cultivée) et des moyens mobilisables (équipements et/ou main d'œuvre) au niveau de l'exploitation, qui doivent être autant que possible adaptés aux besoins. Cependant, en cas de manque de moyens, un compromis doit être trouvé entre date, densité et mode effectifs de semis pour limiter le moins possible le potentiel de production. On peut ainsi être amené à baisser la densité de semis afin d'être en mesure de le réaliser à temps sur l'ensemble de l'exploitation.

Peuplement

Le peuplement final dépend de la densité effective de semis et du taux de germination. Il est donc indispensable, lors du calcul de la densité de semis optimale et de la réalisation du semis, de prendre en compte ce taux de germination, qui doit être mesuré à l'avance.

Le test de germination

Avant de réaliser le semis, qui vise à obtenir un peuplement optimal, il est indispensable de réaliser un test pour s'assurer de la bonne germination des semences. Ce test peut se faire très simplement, en plaçant une centaine de graines bien espacées dans un papier absorbant plié en accordéon (\/\/\/\/\/) ou entre deux épaisseurs de papier ou de coton posés dans une assiette, et maintenus humides dans tous les cas. Quelques jours après, il suffit de compter les graines germées ayant une apparence normale pour calculer le taux de germination. Si ce taux est très faible (moins de 10 % environ), il faut changer de lot de semences. Un mauvais taux de germination (< 40 % pour les petites graines, < 60 % pour les grosses graines, même après traitement pour lever les éventuelles dormances) implique que le nombre de graines au semis doit être augmenté pour compenser la mauvaise germination. Après levée, un démariage peut être conduit si nécessaire pour réduire le peuplement.



Le mode de semis de la culture principale

Le mode de semis de la culture principale

Le mode de semis est lié aux caractéristiques de la plante et aux moyens disponibles sur l'exploitation au moment du semis. Il doit permettre la localisation de la graine dans de bonnes conditions, à la profondeur optimale et avec l'agencement dans l'espace souhaité.

Le mode de semis des cultures (et des plantes associées) est en général déterminé de manière à rendre possible un semis rapide sur toute l'exploitation, avec les densités optimales. Les moyens pour le réaliser doivent être mobilisés autant que possible.

Dans le cas où les moyens mobilisables ne sont pas suffisants, le potentiel de production risque d'être abaissé du fait du retard de mise en place. Il faut alors rechercher le meilleur compromis pour assurer un semis aussi rapide que possible, à des densités et avec un agencement des plantes dans l'espace permettant de conserver un bon potentiel de production et d'assurer la conduite des cultures par la suite (contrôle de l'enherbement, etc.).

Le choix des itinéraires techniques

Semis manuel ou semis mécanisé

Le semis manuel est très laborieux, mais permet un agencement à volonté des cultures et des plantes associées, à tout moment, et ne demande aucun matériel (un simple bâton ou une petite *angady* suffisent). Il doit être réalisé consciencieusement, faute de quoi il peut être irrégulier et hétérogène (profondeur de semis variable, alignements mal respectés, etc.).

Du petit matériel de type canne planteuse ou roue semeuse, permet le semis en lignes ou en poquets plus facilement et plus rapidement que manuellement, pour un coût modique.

Le semis mécanisé permet de semer rapidement et de manière homogène de grandes surfaces. Il est en revanche coûteux (investissement en matériel important) et ne permet pas toujours d'agencer les plantes comme souhaité. On peut toutefois semer simultanément des cultures principales et des espèces associées avec des semoirs équipés de trois trémies dont une pour les espèces de couverture associées, pures ou en mélanges (semoirs Vence Tudo®, Semeato®). Il est aussi possible de semer des plantes de couverture à la volée avec des semoirs centrifuges, mécaniques ou manuels (petits semoirs portables à manivelle).



Semis manuel en ligne
Photo : N. Moussa

Semis en lignes, semis en poquets, semis à la volée

Le semis en lignes ou en poquets est nettement plus exigeant en temps que le semis à la volée (surtout en petite agriculture manuelle). Il permet en revanche d'agencer les plantes dans l'espace pour optimiser le peuplement végétal et de positionner les graines dans des conditions optimales. De plus, il facilite grandement les travaux d'entretien (sarclages éventuels en année "zéro", desherbages, etc.).

A l'inverse, le semis à la volée, rapide et peu coûteux, ne permet pas de positionner les graines (pas de possibilité d'agencement dans l'espace, graines déposées en surface). De plus, le semis à la volée sur une couverture végétale est possible avec les plantes à petites graines (sorgho, mil, etc.), mais n'est possible que pour certaines espèces à grosses graines qui germent bien sous un couvert végétal (comme le riz). La plupart des espèces à grosses graines exigent un léger travail du sol pour être mises en conditions favorables de germination. Elles ne peuvent donc pas être semées à la volée en semis direct.



Positionnement des graines (soja) dans le sol (semis à la roue semeuse)

La profondeur de semis de la culture principale

La profondeur de semis optimale est liée avant tout aux caractéristiques de la plante cultivée, et en particulier à la taille des graines. La profondeur optimale est de 3 à 4 fois la taille de la graine (0,5 à 1 cm pour les petites graines, 2 cm environ pour les grosses graines). Un semis trop profond retarde fortement la levée et est néfaste pour la culture. Un semis trop superficiel ou en surface (semis à la volée non recouvert) risque d'entraîner une mauvaise levée.

La variété de la culture principale

Pour une même espèce, différentes variétés peuvent avoir des comportements très différents. La production de biomasse peut varier fortement d'une variété à une autre, les cycles de cultures peuvent être plus ou moins longs, le port peut changer, la photosensibilité peut varier, le système racinaire peut être très différent, etc. Ainsi, la variété même conditionne les possibilités d'associations, les risques de compétition, les conditions de cultures, les intérêts agronomiques, etc. Il est donc important de bien connaître les différentes variétés et d'utiliser les variétés sélectionnées pour leur aptitude à produire une forte biomasse, dans des conditions spécifiques.

Le choix des itinéraires techniques

La variété de la culture principale

La variété est normalement choisie en même temps que le système, en particulier pour :

- son cycle adapté au climat et au régime hydrique, et au système de culture ;
- son port, sa taille et sa vigueur au départ qui influencent ses aptitudes à supporter la compétition des adventices et/ou des plantes associées ;
- ses exigences sur le plan de la fertilité ;
- ses aptitudes à résister aux attaques d'insectes et aux maladies.

La variété effectivement semée peut cependant être changée par rapport aux prévisions, pour s'adapter à des contraintes imprévues comme la disponibilité en semences ou une date de semis tardive (on préférera alors une variété de cycle plus court et/ou peu photopériodique). L'approvisionnement de "dernière minute" en semences d'une nouvelle variété est cependant souvent difficile à réaliser en pratique. Il est donc très important de se préparer à l'avance (approvisionnement assuré tôt, préparation précoce des parcelles, mobilisation des moyens nécessaires au semis, etc.), pour permettre un semis de la variété choisie, dans de bonnes conditions.



B 22 (pluvial) et Sebota 68 (poly-aptitudes)
Riz au système racinaire très différent

Exemples sur la variété de la culture principale

Dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, la pratique traditionnelle consiste à prendre le risque de cultiver des variétés de riz irrigué, sans être certains que la disponibilité en eau leur permettra de produire convenablement. Les variétés de riz poly-aptitudes (en particulier la gamme des riz SEBOTA) permettent de proposer une gestion totalement différente de l'eau, et réduisent fortement le risque climatique/hydrique. Suivant les rizières, ces variétés (grâce à un système racinaire mixte, intermédiaire entre riz pluvial et riz irrigué) peuvent être semées en pluvial, très tôt, et terminer leur cycle quand (et si) l'eau d'irrigation arrive, ou à l'inverse, commencer leur cycle en irrigué (repiquage, etc.) et le terminer en pluvial si l'eau vient à manquer.

Dans le cas où un changement de variété est nécessaire mais impossible à réaliser, les objectifs de production de la culture doivent être revus à la baisse, et avec eux la fertilisation et les paramètres du semis. Il faut alors chercher à maximiser la production des plantes associées, pour assurer un bon fonctionnement des systèmes en SCV l'année suivante.

Le semis

Les plantes de couverture associées

L'agencement des plantes dans l'espace

La disposition dans l'espace de la culture principale vise à être la plus régulière possible. Il peut cependant être très intéressant d'agencer les plantes de manière particulière pour faciliter la gestion de la culture (contrôle des adventices en particulier) et l'association ou la succession de plantes.



Maïs + Cajanus cajan *en doubles rangs*

3.2. Installer des plantes en association, relais ou succession pour maximiser la production de biomasse

Une culture seule n'occupe pas tout l'espace, toute l'année. Elle laisse de la place, au moins temporairement, qui peut être utilisée pour installer des plantes qui permettent d'augmenter la production de biomasse et remplissent des fonctions écosystémiques. Ces plantes doivent cependant être gérées avec précaution pour ne pas engendrer de concurrence néfaste à la culture principale, et si possible vivre en synergie avec elle. Pour cela, le choix des espèces et variétés (et donc le choix du système de culture) est fondamental (cf Volume II, Chapitre 1.), tout comme l'agencement des plantes, dans l'espace et dans le temps.

Le climat et le régime hydrique déterminent la période de production

Le choix des itinéraires techniques

possible en fonction des caractéristiques des espèces et des variétés des plantes cultivées. De nombreuses plantes de couverture sont choisies pour leur aptitude à se développer en conditions marginales. Elles peuvent étendre fortement la période de production de biomasse : durant la période froide dans les climats tempérés, aussi loin que possible durant la saison sèche quand elle est marquée ; et/ou produire très rapidement en début de saison des pluies ou lors d'une "petite" période de pluies dans les climats bi-modaux, avec deux saisons des pluies.

Les plantes de couverture associées

En fonction du climat et du régime hydrique, les associations et successions de plantes peuvent être plus ou moins faciles à gérer.

Le semis

Plus la période de culture est réduite (longue saison sèche et/ou froide), moins il est possible de décaler les semis de la plante associée. Elle ne pourrait pas s'installer dans des conditions satisfaisantes, même si elle est capable de se développer mieux que la culture principale dans des conditions marginales. La gestion de la compétition entre culture et plantes associées se fait alors avant tout par l'agencement dans l'espace des plantes, et l'apport localisé de fertilisation.

Quand la période de culture possible s'allonge, il est possible de décaler dans le temps le semis des plantes associées, ce qui permet d'augmenter les densités, à condition de respecter un agencement dans l'espace qui limite la compétition avec la culture principale.

Pour des périodes de culture possibles encore plus longues, des successions intra-annuelles peuvent être installées, ce qui n'empêche pas d'associer des plantes durant le premier cycle. Si la période de culture est suffisamment longue, on peut semer le deuxième cycle après récolte du premier, mais il est aussi possible de semer la deuxième saison "en relais", quelques semaines avant la récolte de la première culture si nécessaire.

Le principe de base est d'assurer une bonne implantation de la culture principale et d'ajuster les paramètres du semis des plantes associées afin d'optimiser leur production, sans engendrer de compétition néfaste à la culture principale. Ces paramètres constituent les "commandes" qui permettent de gérer les associations dans l'espace et dans le temps. Ils se raisonnent en interactions, de façon dynamique, et offrent de nombreuses possibilités pour s'adapter aux contraintes des exploitations.

Les "commandes" pour gérer les associations

Pour une unité agronomique donnée (climat x régime hydrique x fertilité), et un système de culture donné, la gestion des associations se fait de manière dynamique, dans l'espace et dans le temps en "jouant" sur :

- la date de semis de la plante associée, qui permet de gérer facilement les associations dans le temps ;
- l'agencement des plantes dans l'espace, et donc le mode et la densité de semis, qui permettent d'utiliser l'espace au mieux ;
- l'apport localisé de fertilisation, le choix des variétés, le mode d'implantation et la profondeur de semis des plantes associées, qui permettent de jouer de façon dynamique sur les vitesses de croissance relatives des plantes.

Les paramètres du semis des plantes associées sont donc déterminés en interaction, en fonction :

- de la date et de la densité effectives de semis de la culture principale ;
- du climat et du régime hydrique, qui déterminent les périodes de croissance possible des plantes ;
- des moyens disponibles au niveau de l'exploitation pour réaliser les travaux ;
- des cycles respectifs des plantes associées : une plante de couverture à cycle court doit être décalée (dans le temps et/ou l'espace) par rapport à une culture à cycle plus long ;
- de leur vigueur au démarrage : le stylosanthes par exemple qui démarre lentement peut être associé tôt avec la culture, alors qu'une plante comme le brachiaria qui démarre rapidement ne doit pas l'être. De manière générale, les plantes à grosses graines démarrent plus ra-



Semis du stylosanthes trois semaines après le riz en année "zéro"

Le choix des itinéraires techniques

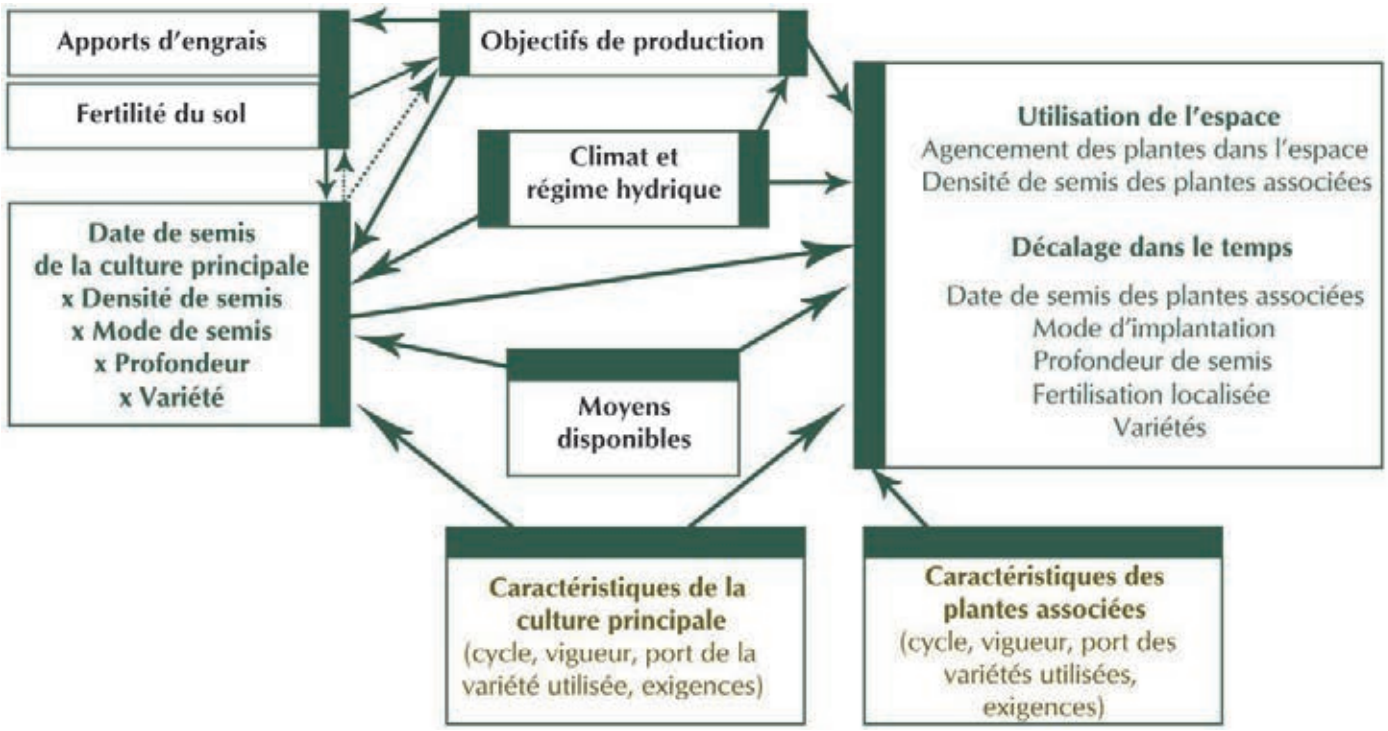
pidement que les plantes à petites graines ;

• du port des plantes associées : une plante de couverture volubile qui risque de grimper et d'étouffer la culture doit être décalée par rapport à la culture ;



• du niveau de fertilité du sol et de la fertilisation apportée : une culture exigeante sur sol pauvre a une croissance beaucoup moins rapide qu'une plante de couverture plus tolérante, dont le semis doit être décalé pour éviter la compétition. On peut en revanche éviter de retarder le semis de la plante de couverture (assurant ainsi une meilleure production de biomasse) en apportant une fertilisation (minérale et/ou organique) localisée au pied de la culture à favoriser.

Le semis



Dans la pratique, le plus facile à maîtriser et mettre en œuvre est d'ajuster la date de semis et l'agencement des plantes dans l'espace.

La date de semis des plantes associées

La date de semis des plantes associées

Comme pour la culture principale, plus le semis des plantes associées est précoce, plus la production de biomasse (et éventuellement de graines) est élevée. Cependant, un semis précoce de la plante associée peut entraîner une compétition avec la culture principale et ce d'autant plus que la densité est importante. En fonction des conditions (climat, régime hydrique, fertilité) et des systèmes (et donc des plantes à associer), le semis de la plante de couverture en association à une culture peut se faire :

• **en même temps que la culture principale.** Le semis simultané est facile à réaliser, que ce soit manuellement ou mécaniquement, dans une parcelle facilement accessible. Il facilite l'installation rapide de la plante associée, ce qui permet de couvrir rapidement le sol, réduisant ainsi la pression des adventices et l'érosion. Le semis simultané augmente cependant le risque de compétition avec la culture, ce qui nécessite parfois des mesures pour éviter que la culture principale en pâtisse (utiliser une espèce/variété de cycle long, au démarrage lent, laisser un espacement entre plantes suffisamment im-

portant, contrôler éventuellement la plante de couverture en cours de végétation, etc.). L'installation simultanée de la culture avec une plante de couverture peut cependant compliquer le desherbage de la culture : l'utilisation d'herbicide ne peut se faire qu'avec un herbicide sélectif des différentes plantes, difficile à trouver, et le nettoyage manuel est très lent, devant se faire en prenant garde à ne pas endommager les plantules de la plante de couverture. Toutefois, dans certaines situations comme un climat à très longue saison sèche, avec une période de production très limitée, le semis simultané est parfois la seule solution pour permettre à la plante de couverture de produire une biomasse suffisante pour justifier son installation ;

• **quinze jours à un mois après le semis de la culture principale**. Le semis décalé permet de réduire fortement le risque que la plante associée entre en compétition avec la culture. Il permet aussi de faire un désherbage de la culture avant que la couverture ne soit en place, ce qui simplifie le désherbage, permet d'installer la couverture rapidement (lors du désherbage), sur des interlignes de la culture qui sont propres ;

• **en fin de cycle, dans le dernier mois du cycle de la culture principale** (en évitant d'entrer dans les parcelles à la période sensible de la floraison de la culture). Ce type de semis en "dérobé" permet d'installer une plante de couverture en "relais" de la culture principale, quand la succession de cultures est difficile à mettre en place mais qu'une période marginale peut être utilisée par la plante de couverture (à condition qu'elle soit implantée à temps, avant la récolte de la culture). Cette pratique est une variante intermédiaire entre association et succession de cultures (la plante en relais se développant plus en succession qu'en association avec la culture). Elle permet d'optimiser la production de la plante de couverture : après une phase d'installation (de quelques semaines) qui se fait sous la culture, la plante de couverture démarre rapidement dès la récolte de la culture. Le semis d'une plante en relais se fait généralement à la volée, un semis en ligne ou en poquets étant difficilement réalisable dans une culture à un stade avancé, sauf pour les cultures à faible densité (comme le maïs). Cette pratique est particulièrement intéressante dans le cas où la plante de couverture doit se "brancher" sur la nappe phréatique en début de saison sèche et où l'humidité du sol en surface est insuffisante après la récolte. Ce type de semis est aussi très intéressant en relais de plantes qui perdent leurs feuilles en fin de cycle (comme le soja) : les feuilles, en tombant, recouvrent les graines et facilitent leur germination, et la culture laisse passer la lumière pour les jeunes plantes de couverture.

L'installation de la plante associée en milieu de cycle de la plante principale est difficile à faire et ne présente en général pas d'intérêt. Elle ne peut pas se développer correctement du fait de l'ombrage par la culture principale, qui est censée ne pas laisser une lumière suffisante au développement de plantes (adventices) après 40 jours environ, et est trop affaiblie par un long séjour à l'ombre pour se développer après la récolte de la culture.

La date de semis des plantes associées

De manière générale, décaler le semis des plantes associées de 15 jours à trois semaines par rapport au semis de la culture principale permet :

• de réduire fortement les risques de compétition (si la culture principale se développe bien) ;

• de produire une forte biomasse par la plante de couverture installée dans de bonnes conditions.

Cependant, un tel décalage n'est pas toujours nécessaire, et peut limiter inutilement la production de la plante de couverture associée.



Semis d'avoine en "dérobé" dans du soja, avant la chute des feuilles

Exemples sur la date de semis de la plante associée

Le stylosanthes qui démarre lentement peut être semé en même temps que le riz sans risquer de lui faire de la concurrence, sauf sur des sols dont la fertilité limitée ralentit fortement la croissance du riz. En pratique, sur tous les sols en année "zéro", il est préférable d'installer le stylosanthes lors du désherbage du riz (15 jours à trois semaines après semis). Il est en effet très difficile de réaliser un contrôle des adventices sans endommager des jeunes plantules de stylosanthes qui aurait été semé avec le riz.

Le choix des itinéraires techniques

L'agencement des plantes dans l'espace et les densités de semis

Le semis

L'agencement des plantes dans l'espace et les densités de semis

Outre le décalage des semis, l'agencement des plantes dans l'espace est un outil clef dans la gestion des associations. En jouant sur les espacements entre plantes, on peut faire en sorte que la culture principale puisse se développer sans compétition, et que les plantes associées puissent se développer, couvrir le sol et produire une forte biomasse.

L'agencement des plantes dans l'espace permet d'optimiser les productions.

A densités égales, des plantes disposées en quinconce sont plus éloignées les unes des autres que des plantes semées "au carré" . En conséquence, elles se font moins de concurrence, exploitent mieux les ressources et couvrent mieux le sol. Elles interceptent donc plus de lumière et produisent une plus forte biomasse. Un tel mode de semis est cependant très exigeant en travail (même s'il facilite par la suite la gestion des associations), et est très difficile à mécaniser.



Semis en simples rangs
Plantes en lignes (au "carré")



Semis en simples rangs. Plantes en quinconce
Compétition réduite et meilleure couverture du sol



Semis en doubles rangs de la culture principale
Plus de lumière pour la plante associée
(qui peut être semée à plus forte densité)

Toujours à densités égales, la culture en double rangs permet de favoriser le développement de la plante associée en lui apportant plus de lumière, sans pénaliser la culture principale. Un tel agencement facilite la gestion de l'association, réduit les temps de travaux pour son entretien et optimise la production (de graines et de biomasse). Son installation, quand elle est faite manuellement est exigeante en temps, mais elle peut être facilement mécanisée.

L'orientation des rangs peut aussi favoriser la plante associée : une orientation Est-Ouest des rangs (quand elle est compatible avec la pente) qui suit la course du soleil permet aux plantes associées sous la culture principale de recevoir plus de lumière qu'une orientation Nord-Sud.

Exemples sur l'agencement des plantes dans l'espace

Dans le Sud-Ouest malgache, l'association maïs + *Vigna umbellata* doit se faire à faible densité et en quinconce ou en doubles-rangs (de préférence), pour réduire la compétition pour l'eau, facteur limitant principal.

Du riz installé après écobuage d'un sol pauvre doit être installé sur les tranchées écobuées, et donc en doubles rangs. L'inter-rang peut recevoir une légumineuse, moins exigeante sur le plan de la fertilité.

Le choix des itinéraires techniques

Cas particuliers

Dans le cas de systèmes qui associent céréales et légumineuses, plantées en lignes ou en doubles rangs, les fonctions agronomiques principales remplies par ces systèmes varient d'une ligne à l'autre.

Quand ces associations se succèdent, il est important de décaler les lignes de semis d'une année sur l'autre, afin de cultiver la céréale sur les lignes de la légumineuse de l'année précédente, et inversement (sauf dans le cas où la céréale est plantée sur des lignes écobuées). Cette pratique permet de "casser" la monoculture sur la ligne et de faire bénéficier la céréale des apports d'azote par la légumineuse de la saison précédente. C'est le cas pour le système "passe partout" associant le maïs à une légumineuse volubile (dolique, niébé, *Vigna umbellata*).

Le semis

Quand on souhaite installer en succession une culture pure, semée plus dense (comme le riz), la conduite du précédent cultural en doubles rangs espacés peut poser problème. La gestion de l'azote en particulier devra être faite de manière à apporter cet élément préférentiellement sur les anciens rangs de la céréale, et en plus faible quantité sur les anciens rangs de la légumineuse. Pour les systèmes de culture alternant association (céréale + légumineuse) et culture céréalière pure, la conduite de l'association en simples rangs peut donc être préférable (surtout si l'apport d'engrais ne peut pas être localisé).



Riz après maïs + cajanus en doubles rangs

Dans le cas de mélanges de plantes de couverture, associant graminées et légumineuses, et semées en lignes, il est préférable d'alterner sur les lignes les plantes de couverture plutôt que de faire des lignes d'une seule espèce. Par exemple, pour l'association maïs + brachiaria +cajanus, il est préférable de faire deux lignes mélangées de brachiaria + cajanus entre deux rangs de maïs, plutôt que d'alterner des lignes de maïs, de brachiaria et de cajanus.

Le mode de semis ou d'implantation des plantes associées

Le mode de semis ou d'implantation des plantes associées

La répartition des plantes dans l'espace suppose que le mode de semis le permette et se fasse donc soit en lignes, soit en poquets. Le semis à la volée de la culture principale ne permet donc pas de gérer les associations de cultures par l'agencement des plantes dans l'espace. Il est avant tout réservé au semis de cultures "relais"en "dérobé" en fin de cycle de la culture, ou en succession.

Le bouturage est le seul mode d'implantation possible pour des plantes stériles (comme le Bana grass) et la manière la plus économique pour des plantes dont la production de semences est extrêmement coûteuse (comme les arachis pérennes).

L'implantation de plantes de couverture par boutures ou éclats de souches est exigeante en temps (difficilement mécanisable) et en matériel végétal, mais elle permet une reprise beaucoup plus rapide que par graines. Elle est très intéressante pour maximaliser la production de biomasse sur une période courte. En revanche, les risques de compétition sont accrus. L'espacement doit être augmenté et/ou le bouturage doit être retardé.

Exemple sur le mode d'implantation

Dans une association maïs + brachiaria sur les hautes terres, le semis par graines du brachiaria doit être réalisé deux à trois semaines après le semis du maïs. L'installation du brachiaria par boutures ou éclats de souches, avec un démarrage plus rapide, doit être retardée d'au moins deux semaines par rapport à un semis par graines (4 à 6 semaines après semis du maïs).

La profondeur de semis des plantes associées

La profondeur de semis

La profondeur de semis optimale dépend de la taille de la graine (3 à 4 fois sa taille). Un semis profond retarde l'émergence et peut même conduire à la mort des plantules (et ce d'autant plus facilement que la graine est petite). Il doit être évité, sauf dans le cas où l'on souhaite semer une plante de couverture tôt (éventuellement en même temps que la culture principale) pour des raisons d'accessibilité à la parcelle, mais où la levée de cette plante ne doit pas être trop précoce pour éviter qu'elle entre en compétition avec la culture. Cette pratique nécessite cependant une bonne maîtrise technique du semis, et ne peut se faire qu'avec des plantes supportant un semis profond. Les brachiarias par exemple peuvent être semés en même temps que le riz pluvial, à 4-5 cm de profondeur.

Le choix des itinéraires techniques

Les variétés des plantes associées

Les variétés utilisées

Les caractéristiques des variétés des plantes de couverture doivent être prises en compte pour les "réglages" des paramètres du semis.

Le cycle et la vigueur au départ des variétés influencent fortement la gestion des associations :

- les variétés à démarrage rapide (vigueur au départ) et/ou cycle court sont plus compétitives en début de cycle que les variétés à cycle long et doivent être décalées dans le temps ou l'espace. En revanche, elles permettent de couvrir rapidement le sol (protection contre l'érosion et contrôle des adventices) et de maximiser la production de biomasse sur une période très courte. Elles sont également capables de compléter leur cycle dans des climats contraignants, à période de culture très courte ;

Le semis



Maïs + Vigna umbellata, *volubile*



Maïs + niébé à cycle court, non volubile

- à l'inverse, les variétés de cycle long, et/ou au démarrage lent risquent peu de concurrencer la culture, mais doivent être semées plus tôt et/ou plus denses que les variétés de cycle court si on souhaite couvrir le sol rapidement. Dans les climats à longue saison sèche, les cycles longs peuvent être favorables pour leur production en période marginale, à condition que ces plantes puissent utiliser l'eau profonde. Dans le cas contraire, il faut leur préférer des variétés à cycle plus court, capables de compléter leur cycle dans des conditions sèches.

Le port de la plante doit également être pris en compte :

- les variétés volubiles peuvent grimper sur les plantes associées et leur faire une forte compétition pour la lumière et/ou rendre la récolte difficile. Elles doivent être semées à distance des plantes cultivées, et/ou plus tard, surtout si leur cycle est court. A l'inverse des variétés érigées ou rampantes ne peuvent pas grimper sur la culture une fois que celle-ci les a dépassées, et peuvent être semées plus près des plantes cultivées et plus tôt ;
- les plantes érigées de grande taille interceptent la lumière des plantes de plus petite taille, qui risquent peu de faire de la compétition aux cultures.

On doit aussi s'intéresser :

- aux plantes au système racinaire puissant et au développement rapide (comme les brachiarias) qui sont très compétitives pour l'eau et les éléments nutritifs. Elles doivent être semées à distance des plantes cultivées, surtout en climat sec et/ou sur sols pauvres ;
- à certaines variétés qui supportent mieux que d'autres les conditions difficiles (engorgement, faible fertilité, ombrage, etc.).

Enfin, les variétés photopériodiques supportent mal un retard à l'implantation qui fait chuter rapidement leur production et les performances du système. De plus, elles ne peuvent pas être utilisées en contre-saison et doivent donc être associées aux cultures, sans possibilité de succession ou de culture en "relais".

Le choix des variétés se fait dès le choix des systèmes de culture, en parallèle avec le choix des plantes à associer (espèces et variétés des cultures principales) et la détermination d'un itinéraire technique précis. Les caractéristiques des variétés choisies doivent rendre possibles les systèmes de culture et optimiser les productions. Les paramètres techniques du semis (dates, mode, agencement dans l'espace, densité, profondeur) sont adaptés aux caractéristiques des espèces et variétés, qui sont elles mêmes

Exemples sur les variétés

Une variété de sorgho à pailles courtes comme l'IRAT 204 est plus facilement concurrencée par une légumineuse volubile qu'une variété de même cycle, mais de haute taille comme le BF 80 ou l'IRAT 202. Toutes ces variétés, de cycle court et photopériodiques, ne permettent pas d'utiliser l'eau profonde en contre-saison, contrairement à des sorghos à cycle long et non photopériodiques.

choisies pour être compatibles avec l'itinéraire technique pressenti. Cependant, en cas "d'accident" (comme un retard au semis de la culture principale), les variétés et l'ensemble de l'itinéraire technique peuvent être changés pour s'adapter à la nouvelle situation (le système de culture lui-même doit parfois être modifié). Une modification de la variété juste avant semis est cependant difficile à réaliser en pratique (problème de disponibilité en semences de la variété adaptée). Quand elle n'est pas réalisable, on essayera autant que possible de modifier les paramètres du semis pour permettre le système avec la variété initialement prévue.

De la même manière, dans le cas où l'on n'a pas pu s'approvisionner (à temps) avec la variété initialement choisie, les paramètres techniques du semis (voire même les systèmes) devront être adaptés à la variété disponible qui sera utilisée.

L'apport (localisé) de fertilisation au semis

Les doses d'engrais à apporter au semis se raisonnent dans le contexte de la gestion de la fertilisation sur l'ensemble de la culture, et plus globalement dans le cadre de la gestion de la fertilité d'une parcelle dans le temps. Les niveaux de fertilisation à apporter en fonction des cultures et des sols sont présentés dans les fiches techniques détaillées (Volume III. Chapitre 4.). Ils sont fonction de différents facteurs, en interactions :

- les cultures mises en place ;
- les objectifs de production ;
- la fertilité des sols au moment du semis, qui est liée à la fertilité initiale du sol et aux précédents culturaux ;
- les moyens disponibles et le niveau de risque supportable ;
- les risques encourus (risque climatique, bioagresseurs, vols, etc.).



Apport localisé au poquet de fumier et d'engrais

Si les apports d'azote doivent être équilibrés sur l'ensemble du cycle, les besoins en phosphore, potasse et oligo-éléments sont importants en début de cycle. Ces éléments doivent être apportés au semis, ou lors de la préparation de la parcelle.

De plus, un paillage en début de décomposition "consomme" de l'azote (utilisé par les bactéries pour amorcer les processus de minéralisation) dans un premier temps et peut entraîner une "faim" d'azote sur des cultures de céréales. Ce risque de blocage de l'azote est d'autant plus important que le paillage est composé de graminées et que sa dégradation est peu avancée. Dans ces cas là, un apport d'urée est indispensable au semis pour éviter que les cultures ne souffrent d'un manque très préjudiciable en début de cycle.

L'apport d'engrais minéral ou organique lors du semis peut se faire :

- en plein champ, de manière homogène : répartition des engrais organiques et/ou épandage à la volée des engrais minéraux, ce qui peut se faire manuellement, avec de petits épandeurs portables ou en culture mécanisée ; ou
- de manière localisée au pied des cultures pour favoriser leur croissance, ce qui améliore l'efficacité de la fertilisation et limite la compétition par les plantes de couverture ou les adventices. Le fumier (ou compost) et/ou les engrais minéraux sont alors appliqués au niveau des poquets (semis manuel) ou sous les lignes de semis (semis mécanisé). Positionner l'engrais à quelques centimètres sous les graines permet aux radicelles d'y accéder rapidement après la germination (mais semble nuire à la microflore). Il faut dans tous les cas éviter de mettre les engrais minéraux directement en contact avec les graines, ce qui pourrait leur causer des brûlures ;
- enrobage des semences ou pralinage des boutures.

L'apport d'engrais de manière localisée ou l'enrobage permettent de favoriser une plante par rapport à une autre et représentent un "outil" supplémentaire pour la gestion des associations de cultures. Sur des sols de basse fertilité, l'apport d'engrais localisé au pied de la culture, surtout si elle est exigeante, lui permet de se développer normalement et d'être plus compétitive.

On peut ainsi semer plus dense et/ou plus tôt les plantes de couvertures associées, ce qui permet une couverture du sol plus rapide et une meilleure production de biomasse.

3.3. La réalisation du semis

Les traitements de semences

Levée de dormance

Les graines de nombreuses espèces présentent naturellement des dormances qu'il peut être nécessaire de lever avant le semis (en particulier si les semences sont utilisées rapidement après leur production). En fonction des espèces, la levée de dormance peut être faite par trempage prolongé dans l'eau (éventuellement chaude), scarification ou trempage dans un bain d'acide. Les conditions de ces traitements sont fonction des espèces et sont présentées dans les fiches techniques des plantes de couverture (cf. Volume III). Une fois le traitement effectué, il est indispensable de procéder à un nouveau test de germination pour s'assurer de son efficacité.

Inoculation des semences (légumineuses)

La fixation d'azote atmosphérique par les légumineuses se fait en association symbiotique avec des bactéries spécifiques (rhizobium). Lorsque l'on installe une nouvelle espèce de légumineuse sur une parcelle où elle n'avait jamais été cultivée, il est souvent nécessaire d'inoculer les semences de cette légumineuse avec une souche de rhizobium adaptée (variable selon les espèces). Cette inoculation peut se faire par épandage sur la parcelle de quelques kilogrammes de sol en provenance d'une zone où ces bactéries sont présentes, ou encore par inoculation des semences. Il suffit pour cela de se procurer le rhizobium adapté et de le mélanger avec les semences, dans un récipient adéquat, et en y ajoutant un "adhésif" (gomme arabique, miel, ou autre liant). Les rhizobia étant des organismes vivants, il est nécessaire de réaliser cette inoculation dans un endroit frais, à l'abri du soleil, et juste avant le semis (toutes les graines doivent être semées le jour même, en conditions humides). Ces graines ne doivent pas être traitées avec des substances toxiques (faire particulièrement attention en cas de nécessité de traitement insecticide ou fongicide à n'employer que des produits peu toxiques pour l'homme, comme le Thirame®), ni mélangées avec des engrais acides.



Enrobage de semences de riz

Enrobage des semences

L'enrobage des semences avec un engrais comme du phosphate naturel (thermophosphate, scories Thomas, Hyper Barren) de la dolomie, ou du calcaire et éventuellement des oligo-éléments est une méthode particulièrement efficace qui ne nécessite que des doses très faibles d'engrais (quelques kg/ha). Il modifie favorablement l'environnement immédiat de la semence (augmentation du pH) et permet ainsi une bonne installation des jeunes plantes. Il favorise également l'infestation des racines de légumineuses par les rhizobia et aide donc à l'établissement de la symbiose. Cet enrobage peut se faire très simplement en ajoutant ces engrais (pulvérulents) et oligo-éléments lors de l'inoculation des semences de légumineuses. Il peut aussi se faire par trempage des semences dans de l'eau (éventuellement prégermination de ces semences) puis mélange avec ces engrais. Comme pour l'inoculation, cet enrobage doit se faire juste avant le semis.

Traitement fongicide et/ou insecticide des semences

Les premières années de transition entre pratiques conventionnelles et SCV, il peut être nécessaire de protéger les cultures contres les attaques d'insectes et de champignons (fonte des semis sur les légumineuses en particulier). L'utilisation de pesticides étant à limiter autant que possible, le traitement des semences est une option efficace qui permet de réduire autant que possible leur impact sur l'activité biologique du sol et la santé des plantes. Ce traitement des semences se fait en mélangeant simplement les produits avec les semences, en prenant les précautions d'usage pour la manipulation de ces produits toxiques (l'usage de gants étant in-

dispensable). Pour les grandes quantités, des tambours mélangeurs (un simple fût dans lequel on a aménagé une ouverture, traversé par une manivelle désaxée et placé sur des pieds) sont très utiles.

Dans tous les cas, ce traitement ne doit pas être systématique mais être raisonné en fonction de la pression des bioagresseurs, de la sensibilité des plantes cultivées et du niveau d'intensification des cultures (l'utilisation d'engrais avec un objectif de rendement important par exemple rend indispensable le traitement sous une pression moyenne des bioagresseurs).

Le semis

Le semis

Semis en lignes ou en poquets dans la paille

Le semis dans la paille se réalise en perturbant au minimum la couverture végétale et avec un déplacement de terre aussi réduit que possible. Ainsi, la simple ouverture de poquets avec un bâton ou une petite *angady* est suffisante pour y localiser les graines dans le cas d'un semis manuel. Les cannes planteuses permettent d'accélérer ce travail et de réduire la perturbation du sol qui n'est ouvert qu'à l'emplacement même de la graine.



Tonneau mélangeur pour le traitement des semences
Photo : F.X. Chabaud

Les semoirs mécanisés pour les grandes cultures fonctionnent en ouvrant la paille sur des lignes. Bien réglés, la perturbation du sol est minimale (moins de 3% de la surface).

La pression des outils (quels qu'ils soient, de l'*angady* au semoir mécanique) doit être ajustée de manière à positionner la graine dans le sol (et non pas dans la paille), à une profondeur adéquate (qui est fonction de sa taille principalement, mais peut aussi servir de "réglage" pour éviter les compétitions entre plantes en retardant la levée).

Semis à la volée

Pour les espèces à petites graines, le semis peut se réaliser à la volée, directement dans la paille. Cela peut se faire dans une culture (installation de plantes de couverture en fin de cycle, manuellement ou en utilisant un épandeur d'engrais), après la récolte ou encore durant la récolte dans le cas d'une récolte mécanisée (avec un recouvrement par la paille broyée et répartie de manière homogène sur la surface par la moissonneuse-batteuse). La quantité de semences à utiliser dans le cas d'un semis à la volée est plus importante que pour un semis en lignes ou en poquets, mais l'opération se réalise beaucoup plus rapidement.

La plantation par boutures et éclats de souches. Le "pralinage"

Plantation par boutures ou éclats de souches

La plantation par boutures ou éclats de souches permet une reprise plus rapide des plantes que par graine. Elle est le seul mode d'implantation possible pour certaines plantes (comme le Bana grass qui est un hybride stérile) et le moins cher pour des plantes dont la production de semences est très coûteuse (comme l'*Arachis pintoi*).

De manière générale, l'implantation par boutures se fait en préparant des boutures avec au moins trois noeuds végétatifs (des "yeux"). Ces boutures sont implantées dans le sol où une ouverture à été simplement faite avec une petite *angady*. La bouture est installée dans cette fente avec deux yeux dans le sol, et un oeil ou plus au dessus de la surface du sol. La fente est refermée en appliquant une pression modérée avec le pied.



"Pralinage" des boutures de brachiaria

La technique est la même pour les éclats de souche (pour les graminées). Il suffit de déterrer les plants (avant floraison), de couper la partie aérienne à 20- 25 cm et d'éclater les souches, en gardant deux ou trois brins par éclat et en conservant les racines (coupées à 10-15 cm).

Pour faciliter la reprise des boutures ou des éclats de souche, il est intéressant de les "praliner" au moment de les mettre en terre. Pour cela, il suffit de mélanger dans un seau 1/3 d'eau, 1/3 de bouse de vache et 1/3

Le choix des itinéraires techniques

de sol très argileux. On peut également y ajouter des oligo-éléments et des engrais minéraux, en particulier du phosphore (Hyper Barren, Di-Amonium Phosphate (DAP), etc.). Les boutures ou éclats de souche sont trempés dans ce mélange et directement installés dans le sol. Ce pralinage permet aux plantes de trouver un milieu favorable à leur développement, les racines étant directement en contact avec les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance. L'apparition des radicelles est accélérée (quelques jours seulement) et la reprise est améliorée.

Le semis

3.4. Synthèse sur le semis

Le semis est une étape capitale de l'itinéraire technique, qui détermine le peuplement et conditionne la croissance des plantes pour l'ensemble du cycle (et peut même influencer le cycle suivant). La culture principale doit être semée le plus tôt possible, dès que les pluies utiles sont suffisantes pour assurer une bonne installation des plantes.

Dans le cas des associations de plantes, les risques de compétition entre cultures et plantes de couverture se gèrent en priorité par :



- la date de semis des plantes de couverture (en fonction de la date de semis de la culture principale, ce qui permet de décaler les plantes dans le temps) ;
- les densités de semis et l'agencement des plantes dans l'espace (qui permettent de décaler les plantes dans l'espace) ;
- le choix des variétés (cycle, port, exigences, etc. qui influencent de manière dynamique les relations entre les plantes, dans le temps et dans l'espace).

L'apport localisé de fertilisation, la profondeur de semis et le mode d'implantation des plantes de couverture permettent également de "régler" les paramètres du peuplement des différentes espèces et de réduire les risques de compétition.

Tous ces paramètres doivent être ajustés "en parallèle", pour aboutir à un peuplement optimal, maximisant le potentiel de production. Ils offrent des possibilités d'ajustements techniques qui doivent permettre de faire face aux diverses contraintes des exploitations rencontrées lors de la mise en place d'un système de culture.

Exemples de possibilités d'ajustement d'un système "passe-partout" : maïs + légumineuse volubile

Le système "maïs + légumineuse alimentaire volubile (dolique, niébé ou *Vigna umbellata*) est un système très intéressant : simple à mettre en œuvre, très profitable, à forte production de biomasse, etc.

L'itinéraire technique peut être adapté de différentes manières, pour un très grand nombre de situations :

- dans le climat sec et les sols relativement pauvres du Sud-Ouest malgache, le maïs est semé dès les premières pluies, à faible densité (1m x 1m). La légumineuse (dolique de préférence) est semée en même temps (35 000 poquets/ha), en quinconce ou doubles rangs, ce qui lui permet de s'installer correctement, sans concurrencer la céréale. La dolique "blanche" est très intéressante pour ses qualités gustatives, son cycle long et sa forte production de biomasse en saison sèche ;
- à moyenne altitude, sur des sols "moyennement riches", le maïs est semé aux premières pluies, à densité moyenne (20 000 poquets/ha), de préférence en doubles rangs (deux rangs de maïs espacés de 0,5 m tous les 2 m ; poquets distants de 0,5 m sur la ligne), ce qui permet une meilleure production de la plante associée (en particulier quand son semis est décalé). Le semis de la légumineuse se fait généralement en même temps que celui du maïs, avec une densité de 25 000 poquets/ha. Il peut cependant être nécessaire de décaler le semis de deux semaines en cas de faible fertilité du sol (sans application localisée d'engrais), si on utilise une variété de maïs de cycle relativement long ou si on installe comme plante associée une espèce/variété très volubile (*Vigna umbellata* par exemple) ;
- sur les hautes terres, cette association n'est possible qu'avec un niébé de cycle court (variété "David"), semé en même temps que le maïs afin qu'il puisse compléter son cycle avant la période froide. Le maïs est semé dès que possible pour les mêmes raisons (son cycle s'allonge rapidement quand les températures baissent). Les densités sont les mêmes qu'à moyenne altitude, et peuvent être augmentées sur sols "riches" (resserrement des rangs) ;
- dans le Sud-Est humide, le niébé est préférable aux autres légumineuses pour sa meilleure tolérance à l'engorgement. L'association se conduit comme à moyenne altitude, avec plus de latitude sur la date de semis.

Le choix des itinéraires techniques

3.5. Quelques erreurs à éviter au semis

Diverses erreurs, faciles à éviter, sont pourtant fréquentes, en particulier les premières années qui correspondent à la fois à l'apprentissage de ces techniques et à la phase de transition entre système conventionnel et SCV, les changements nécessitant un certain temps d'adaptation. Il suffit pourtant de bien programmer les activités, d'anticiper et d'être précautionneux dans la réalisation du semis pour :

Eviter de semer tardivement

Le semis tardif, très pénalisant est souvent dû à un retard dans la préparation de la campagne, en particulier pour l'approvisionnement en semences et la préparation de la parcelle. Il suffit donc d'anticiper la campagne pour être prêt à semer dès les premières pluies utiles.

Eviter de semer sur un sol humide quand les pluies ne sont pas encore installées

A l'inverse, en année "zéro", il faut éviter de semer sur un sol humide (ou de semer des semences pré-germées sur un sol sec) alors que les pluies ne sont pas encore suffisamment installées et qu'une période sèche est à craindre. L'humidité déclenche la germination mais la plantule se dessécherait rapidement en l'absence de pluies.



Eviter de semer des semences de mauvaise qualité

L'approvisionnement en semences doit être fait à temps. Il doit aussi être fait en s'assurant de la qualité du matériel végétal. Il faut donc disposer à temps des bonnes variétés, et vérifier le taux de germination de ces semences, suffisamment tôt pour être en mesure d'en changer si nécessaire (sans que cela ne retarde le semis).

Eviter de semer dans des parcelles "sales"

La préparation des parcelles doit se faire suffisamment tôt pour permettre un semis précoce. Il faut toutefois s'assurer, au moment du semis, que la parcelle est "propre", sans plantes en végétation qui ne soient pas suffisamment contrôlées (mauvais contrôle des vivaces ou repousses d'adventices annuelles entre leur traitement et la date du semis). Dans le cas contraire, il faut impérativement nettoyer la parcelle très rapidement (pour ne pas retarder le semis) et implanter les plantes cultivées dans de bonnes conditions, sans concurrence de plantes adventices.

Eviter de perturber le sol au semis

Les premières années "d'apprentissage"(quand l'importance de ce facteur n'est pas bien perçue), la crainte que la plantule ne puisse pas traverser un épais paillage, le manque de précaution et/ou la mauvaise maîtrise des outils de semis direct peuvent conduire à une perturbation importante du sol. Cette perturbation nuit au bon fonctionnement du semis direct et engendre en particulier une forte "pollution" par les graines d'adventices remontées en position de germination, qui complique grandement la maîtrise des adventices.



Forte perturbation du sol au semis
Photo : Rakotondramanana

4. L'entretien des cultures

Le choix des systèmes, la préparation de la parcelle et le semis visent à mettre les plantes cultivées dans les meilleures conditions possibles (en particulier en contrôlant les adventices et assurant une bonne alimentation hydrique et minérale). Une fois le semis réalisé, l'entretien des cultures doit permettre de maintenir des conditions optimales. Ces interventions pendant la culture offrent des possibilités d'ajustement ou de rectification quand les conditions n'évoluent pas favorablement (erreurs à la mise en place, accidents climatiques, attaques de bioagresseurs, carences, etc.). Elles doivent être modulées en fonction de l'évolution réelle des cultures, et pour cela, nécessitent un suivi précis et régulier. Ce suivi porte en particulier sur l'évolution du peuplement, les carences et manques éventuels en éléments fertilisants, le développement des adventices et la pression des bioagresseurs. En cas d'apparition d'une contrainte importante, il est indispensable de réagir très rapidement afin de conduire les opérations pour la lever avant qu'elle n'ait un impact important sur les cultures.

Le choix des itinéraires techniques

Le ressemis

4.1. Le remplacement des plantes manquantes après la levée

Pour optimiser la production de biomasse, fondamentale pour le bon fonctionnement du semis direct, il est important de ne pas laisser des "trous" dans les cultures. Ainsi, si après la levée on constate qu'elle est très mauvaise par endroits (mauvaises semences, "fonte" des semis, etc.), il est indispensable de ressemer les manquants. De la même manière, le ressemis est préconisé pour combler tout "vide" lié à un accident (destruction par des animaux, inondation localisée, etc.), même tardivement dans la saison. Ce ressemis peut se faire avec les mêmes espèces que le semis si on considère qu'il n'est pas trop tard et que la production de la culture est encore possible. S'il est trop tard, le ressemis doit se faire avec une ou des autres espèces (cultures à cycle plus court ou plantes de couverture).

L'entretien des cultures

Ce "comblement" des vides est indispensable non seulement pour assurer une forte production de biomasse nécessaire pour le semis direct, mais aussi pour ne pas laisser la place à des adventices qui produiront des graines et risquent ainsi de "polluer" les parcelles. Il est très facile à réaliser manuellement mais difficilement mécanisable.

Le démariage

4.2. Le démariage

A l'inverse, pour des cultures comme le maïs ou le sorgho, il est préférable de ne pas laisser en place un trop grand nombre de plantes qui entrent en concurrence pour les ressources (eau, éléments nutritifs, lumière). Quand la réalisation du semis a conduit à une peuplement trop important (plus de 2 pieds par poquet), il est recommandé d'arracher manuellement les plants les plus chétifs, pour ne garder, au niveau de chaque poquet, que les deux plants les mieux développés.

La fertilisation

4.3. La fertilisation

Le choix du niveau de fertilisation à appliquer se fait en prenant en compte un grand nombre de paramètres agronomiques et économiques, en interactions :



Carence en zinc sur riz pluvial

- la fertilité de la parcelle au moment de la mise en place de la culture (qui dépend de la fertilité initiale, de la remontée éventuelle de cette fertilité et des précédents culturaux) ;
- les espèces cultivées (dont le choix est lui-même largement déterminé par les possibilités d'apporter des engrais minéraux ou organiques) ;
- les objectifs de production (en liaison avec la plante cultivée et la fertilité du sol) ;
- les coûts des intrants.

La fertilisation se raisonne en début de campagne, dans son ensemble. L'essentiel de la fertilisation est apporté au semis (ou avant, sur la plante de couverture). En culture, l'apport est en général limité à un complément d'azote et, éventuellement, à des oligo-éléments quand des carences apparaissent. Ces apports, qui font partie du plan de fertilisation, peuvent/doivent être modulés en fonction des conditions réelles de réalisation de la culture. Ainsi, on peut décider en cours de culture :

- de renoncer à un apport complémentaire d'urée en cas d'"accident" (mauvais contrôle des adventices, attaques de bioagresseurs, etc.) qui a fortement limité le potentiel de production, ou, à l'inverse ;
- d'apporter des oligo-éléments quand le développement de la culture est limité par une telle carence ;
- d'augmenter les apports prévus en azote quand le développement des plantes est très bon mais peut encore être fortement augmenté par un tel apport (urée à la montaison du riz par exemple).

De tels apports, en cours de végétation ont l'avantage de se faire avec un risque limité, sur

Le choix des itinéraires techniques

La fertilisation

une culture à un stade déjà avancé, et peuvent avoir un impact très significatif sur la production totale (graine et biomasse).

La fertilisation optimale à apporter est cependant très différente s'il s'agit d'une parcelle en année "zéro" de préparation des SCV, en général avec un niveau de fertilité bas qu'il faut remonter, ou de parcelles en SCV installés, dans lesquelles les éléments nutritifs sont beaucoup plus disponibles, et dont la production stable doit simplement être entretenue.

Fertilisation en année "zéro" de préparation des systèmes SCV

En année "zéro" de préparation des SCV, la fertilisation à apporter doit permettre d'assurer une forte production de biomasse pour "amorcer la pompe" des SCV.

L'entretien des cultures

Le choix des associations et successions de cultures doit prendre en compte la fertilité initiale de la parcelle et les possibilités d'apporter des éléments fertilisants. Selon le coût de ces éléments fertilisants, et en fonction des espérances de rendement des différentes cultures sur les différentes unités agronomiques, on peut :

- soit cultiver une plante exigeante (comme le riz ou le maïs) après avoir remonté la fertilité (écobuage, apports d'engrais, etc.) ;
- soit cultiver des plantes capables de se développer sans apport de fertilisation (pois de terre, manioc) que l'on associe avec des plantes de couverture peu exigeantes, à forte production de biomasse.

Les apports minimum d'engrais qui permettent d'obtenir une biomasse suffisante pour installer convenablement des systèmes en SCV varient en fonction des milieux et des cultures.

De manière générale, la fertilisation n'est apportée que sur les plantes les plus exigeantes : riz et maïs. La pomme de terre, très exigeante, est fortement fertilisée et procure en général des bénéfices intéressants mais produit très peu de biomasse. En revanche, les plantes de couverture qui peuvent lui être associées (avoine en particulier) bénéficient largement de ces apports d'éléments fertilisants. Le soja peut être éventuellement fertilisé pour améliorer le rendement, mais il produit peu de biomasse.

Si l'espérance de rendement (cf. Volume V. Fiches techniques par système) ne permet pas de couvrir les coûts de la fertilisation, et qu'on ne peut se permettre d'amortir un tel investissement sur plusieurs années, les cultures à mettre en place doivent être changées pour des cultures moins exigeantes/risquées. Ainsi, riz et maïs ne doivent pas être cultivés sur des sols de *tanety* pauvres avant qu'ils n'aient été restaurés (écobuage ou plusieurs années de SCV).

Sur les *tanety* moyennement riches (y compris les *tanety* hydromorphes du Sud-Est), la fertilisation "basse" pour le riz ou le maïs correspond à 150 kg/ha d'engrais N-P-K (11-22-16) et 100 kg/ha d'urée, ce qui équivaut à 65 unités d'azote, 15 de phosphore et 20 de potasse par hectare.

Une fertilisation plus élevée (300 kg/ha d'engrais N-P-K et 100 kg/ha d'urée soit 80 unités d'azote, 30 de phosphore et 40 de potasse par hectare), quand elle est sécurisée, permet d'obtenir une production de biomasse et des rendements très supérieurs et "d'installer" rapidement le semis direct.



Effet marqué de la fertilisation sur riz
Photo : H. Charpentier

Sur les sols exondés dans les plaines, les bourrelets de berges et les *baiboho*, un simple apport d'urée (100 à 110 kg/ha soit environ 50 unités d'azote/ha) permet d'assurer une bonne production. Une fertilisation plus complète (100-20-15) renforce cependant la production et facilite la conduite des cultures en SCV la saison suivante.

Dans les rizières inondées alluvionnaires, les niveaux de fertilisation du riz sont les mêmes que sur les sols exondés.

Par contre, sur les rizières inondées organiques, il est nécessaire d'apporter du phosphore. La fertilisation minimale pour le riz est ainsi de 50-15-0, et une fertilisation plus complète correspond à 60-40-15.

Enfin, dans les rizières très organiques (à tourbeuses) du Sud-Est, l'ap-

Le choix des itinéraires techniques

La fertilisation

port de potasse en plus de l'azote et du phosphore est nécessaire. La fertilisation "basse" correspond à 50-15-20, et le niveau élevé est de 60-30-40.

En dessous de ces niveaux "bas" de fertilisation, la production de biomasse de ces cultures est très souvent trop faible pour permettre de conduire un semis direct dans de bonnes conditions l'année suivante.

Les plantes moins exigeantes comme le haricot ou le soja peuvent être cultivées sans engrais minéral mais nécessitent un apport de fumier (3-10 t/ha) sur les sols pauvres de *tanety*. Le soja, plus exigeant, valorise bien un apport d'engrais minéral (150 kg/ha de N-P-K). Ces cultures produisent une biomasse relativement faible. La production de biomasse doit être assurée avant tout par des plantes de couverture associées.

L'entretien des cultures

De manière générale, l'apport de fumier (ou à défaut de compost) permet un gain intéressant de production sur toutes les cultures, et est fortement recommandé.

Enfin, les plantes qui ont les plus faibles besoins (manioc, pois de terre) peuvent être cultivées sans engrais, en association elles aussi avec des plantes de couverture peu exigeantes, qui assurent la production de biomasse.

Si la biomasse produite en année "zéro" de préparation des SCV, avec ces niveaux de fertilisation, est insuffisante pour conduire des systèmes en semis direct dans de bonnes conditions, il faut reconduire les cultures avec un niveau de fertilisation identique, voire plus élevé, ou changer de système de culture afin de garantir la forte production de biomasse. A l'inverse, si la biomasse produite est suffisante et permet d'installer les systèmes en SCV dans de bonnes conditions, la fertilisation à apporter l'année suivante peut être réduite. Si la production de biomasse a été très élevée, il est même possible de se limiter à compenser les pertes par exportation, comme dans des systèmes en SCV bien installés.

Fertilisation "d'entretien" sur des parcelles en semis direct installé

Une fois la fertilité du sol restaurée, dans des systèmes en SCV bien installés, il est nécessaire de la gérer afin de ne pas épuiser les sols. Cela se fait :

- en cultivant en associations ou successions des plantes complémentaires, qui n'ont pas toutes les mêmes besoins et qui assurent des fonctions agronomiques différentes (légumineuses pour la fixation d'azote, graminées pour une restructuration du sol et le recyclage d'éléments nutritifs lixiviés en profondeur, etc.) ; et
- en restituant au sol les éléments nutritifs exportés.



Bonne alimentation du maïs qui bénéficie de l'azote apporté par la couverture vive d'arachis

Mis à part sur des sols exceptionnellement riches, il est indispensable de restituer au sol un minimum d'éléments fertilisants (engrais organiques et/ou minéraux), pour compenser les exportations par les cultures ou fourrages. En l'absence d'une telle restitution, la production se fait nécessairement aux dépens du sol qui s'appauvrit progressivement (d'autant plus vite que les rendements et les exportations sont élevés). Cette fertilisation limitée (qui peut être ajustée en fonction des bénéfices de l'année précédente) est une précaution importante pour conserver durablement la fertilité des sols.

Le calcul des quantités d'engrais à apporter pour compenser les exportations de l'année précédente se fait sur la base des exportations moyennes des cultures concernées, proportionnelle à leur production.

Le tableau suivant donne à titre indicatif les valeurs des exportations d'éléments nutritifs par diverses plantes (synthèse bibliographique). Il montre une forte variabilité de ces exportations. L'utilisation de la médiane (indiquée en rouge) permet d'obtenir une évaluation grossière des éléments nutritifs à apporter pour compenser les pertes par exportation. Ce tableau montre également l'importance des quantités exportées par les pailles si elles ne sont pas restituées à la parcelle, en particulier en ce qui concerne la potasse.

Le choix des itinéraires techniques

Cas particulier

Un précédent associant graminée(s) et légumineuse(s) comme maïs +légumineuse alimentaire volubile, plantées en lignes ou en doubles rangs, conduit à une forte irrégularité de la disponibilité en azote. La légumineuse a apporté une forte quantité d'azote au sol, et se décompose rapidement, alors que la graminée n'a pas fixé d'azote et se décompose lentement, avec les risques de "faim d'azote" que cela entraîne.

Pour une culture de céréale ou de cotonnier, l'engrais azoté (urée) doit être apporté (en particulier au semis) majoritairement sur les bandes qui ont reçu la graminée durant le cycle précédent, pour compenser la faible disponibilité locale en azote (surtout en début de cycle).

Exportations moyennes des éléments nutritifs par les cultures

Exportations d'éléments nutritifs par les cultures	N (kg/tonne)	P (kg/tonne)	K (kg/tonne)	Ca (kg/tonne)	Mg (kg/tonne)	S (kg/tonne)
Riz (paddy)	12 - **16** - 20	2 - **3,5** - 5	1 - **2,5** - 4	0,5 - **0,75** - 1	**1**	15 - **17,5** - 20
Riz (paille)	10 - **12,5** - 15	1 - **1,5** - 2	15 - **25** - 35	3 - **3,5** - 4	2 - **2,5** - 3	
Maïs (grains)	15 - **20** - 25	3 - **3,5** - 4	2 - **3,5** - 5	**0,2**	0,5 - **0,75** - 1	2,5 - **3,75** - 5
Maïs (paille)	13 - **14** - 15	1 - **1,5** - 2	15 - **22,5** - 30	1 - **1,25** -1,5	0,5 - **0,75** - 1	**1**
Sorgho (grains)	13 - **16,5** - 20	3 - **3,5** - 4	1 - **2,5** - 4	**0,3**	**1,5**	
Mil (grains)	15 - **17,5** - 20	2 - **4** - 6	4 - **4,5** - 5	**0,2**	**1,5**	
Blé (grains)	20 - **27,5** - 35	3,5 - **4** - 4,5	2 - **7** - 12	1 - **2** - 3	1 - **2** - 3	**3**
Brachiaria ruziziensis (fourrage)	10 - **20** - 30	1 - **2,5** - 4	**8**	2 - **3,5** - 5	**2**	**1**
Soja (graines)	50 - **75** - 80 *	5 - **8** - 11	15 - **17,5** - 20	3 - **9** - 15	2 - **5,5** - 9	5 - **7,5** - 10
Arachide (graines)	40 - **45** - 50 *	2 - **4** - 6	4 - **6** - 8	**0,3**	**1,5**	
Haricot (graines)	35 - **37,5** - 40 *	4 - **4,5** - 5	18 - **21,5** - 25	2 - **3** - 4	2 - **3** - 4	**10**
Vesce (total)	25 - **27,5** -30 *	**3**	**10**			
Stylo. guianensis (fourrage)	25 - **27,5** -30 *	2 - **2,5** - 3	10 - **20** - 30	10 - **15** - 20	3 - **3,5** - 4	**1,5**
Pomme de terre (tubercules)	3 - **4,5** - 6	0,5 - **1,75** - 2	2 - **4,5** - 6		**1**	**2**
Manioc (tubercules)	2 - **4,5** - 5	0,4 - **0,7** - 1	1 - **3,5** - 6	**0,5**	**0,25**	
Patate douce (tubercules)	4 - **5** - 6	**1**	4 - **5,5** - 7			
Coton (graines)	20 - **22,5** - 25	5 - **7,5** - 10	10 - **15** - 20			
Tomate	1 - **1,5** - 2	0,2 - **0,35** - 0,5	1 - **1,25** - 1,5			
Choux	3 - **4** - 5	0,5 - **0,75** - 1	1,5 - **1,75** - 2			
Arbres fruitiers (fruits)	3 - **4** - 5	0,5 - **0,75** - 1	2 - **3,5** - 5			

* Azote fixé par les légumineuses 12 - **16** - 20 : Valeur basse - **Médiane** - Valeur haute

Pour obtenir l'équivalent en P_2O_5, K_2O, CaO, MgO et SIO_2, multiplier respectivement : P par 2,29 ; K par 1,2 ; Ca par 1,4 ; Mg par 1,66 et S par 2.

Le choix des itinéraires techniques

La fertilisation

Pour comparaison, toujours à titre indicatif, les apports en éléments nutritifs d'un fumier de bovin frais varient (fortement) entre 3 et 15 (8 en moyenne) kg de N par tonne de fumier frais (environ deux fois plus pour un fumier sec), 0,5 et 3 (1,5 en moyenne) kg de P/tonne de fumier frais et 2 à 11 (6,5 en moyenne) kg de K/tonne de fumier frais. La fiente de volaille est plus riche en azote (11 kg/tonne de matière fraîche) et phosphore (4 kg/tonne) mais moins riche en potasse (3,5 kg/tonne).

Périodes d'application des engrais

Les premières années, l'essentiel des engrais doit être appliqué sur les cultures principales. De manière générale, tous les apports d'engrais organiques et les apports d'engrais peu solubles (phosphates naturels, etc.) se font au moment du semis. Les apports de phosphore et de potasse se font également au semis, la plante en ayant un besoin important en début de cycle principalement. L'apport d'oligo-éléments se fait de préférence au semis quand des risques de carences importants ont été diagnostiqués, ou éventuellement dès l'apparition de symptômes de carence (quand ces carences n'étaient pas prévisibles).

L'entretien des cultures

Seuls les apports d'engrais azotés sur les graminées sont fractionnés du fait de leur grande solubilité, des risques de pertes par lixiviation, des risques de déséquilibrage de la physiologie des plantes par des apports trop importants et des besoins des plantes étalés sur l'ensemble de leur développement végétatif du semis à la floraison.

Une partie est apportée au moment du semis, représentant environ 1/3 à 1/2 des apports totaux d'azote. Le reste est à fractionner en fonction des plantes et de leur gestion : après chaque fauche pour une plante fourragère, au tallage et à la montaison pour le riz, au début de la floraison mâle pour le maïs, etc. Ces apports sont à moduler en fonction de l'état végétatif des plantes et de la conduite générale des cultures. Un apport supplémentaire d'azote peut être très profitable (et est peu risqué) dans une culture bien conduite, sans accidents, mais qui semble manquer d'azote. A l'inverse, il n'est pas raisonnable d'appliquer des engrais sur une culture mal engagée (semis très tardif, envahissement d'adventices pas maîtrisées, etc.) dont le potentiel de rendement est faible.

Dans le cas d'un semis de céréale dans un paillage constitué essentiellement de graminées, un minimum de 30 kg/ha d'azote (de préférence 50 kg/ha) doit être apporté au semis pour éviter le risque de blocage d'azote par le paillage en début de décomposition.

Après quelques années de semis direct bien installé, l'optimisation agronomique des engrais passe par une fertilisation des plantes de couverture (pour les successions cultures/plantes de couverture) qui la valorisent très bien en produisant une forte biomasse, recyclent et mobilisent de nombreux éléments nutritifs et les restituent dans la couverture/litière. La culture principale installée sur cette biomasse bénéficie alors des améliorations du sol et de la fertilité accumulée dans la biomasse. L'apport de deux tiers des engrais sur les plantes de couverture pour un tiers directement au moment de la culture permet un fonctionnement optimal des systèmes en SCV.

Exemple sur la fertilisation

Dans un système en SCV bien installé, après un riz ayant produit 4 t/ha, les éléments majeurs à apporter pour compenser les exportations sont d'environ 64 N, 14 P et 10 K, soit 64 N, 32 P_2O_5 et 12 K_2O.

En fonction des engrais disponibles, on peut apporter par exemple 70 kg/ha de DAP (18 % de N et 46 % de P_2O_5 soit 12,6 N et 32 P_2O_5), 112 kg/ha d'urée (46 % de N soit 51,5 N) et 20 kg/ha de KCl (60 % de K_2O soit 12 K_2O).

Si on ne dispose que de N-P-K (11 N-22 P_2O_5-16 K_2O) et d'urée, il faut apporter 145 kg/ha de N-P-K (soit 16 N, 32 P_2O_5 et 23 K_2O) pour apporter suffisamment de P, et compléter avec 105 kg/ha d'urée pour retourner l'azote exporté par le riz. On apporte dans ce cas deux fois plus de K que nécessaire !

Equilibre entre éléments minéraux

Les plantes ont besoin d'une alimentation équilibrée. De plus, les éléments minéraux interagissent entre eux et leur absorption par les plantes dépend des concentrations relatives d'un élément par rapport à un autre. L'antagonisme le plus connu est celui entre les éléments majeurs : l'excès d'azote ou de phosphore bloque l'absorption de la potasse par la plante. Un excès d'azote bloque aussi de nombreux oligo-éléments (B, Cu, Zn, S, Fe, etc.) et il existe de très nombreux antagonismes entre oligo-éléments et éléments majeurs. Le phosphore par

La fertilisation

exemple est bloqué par un excès de manganèse, de fer ou d'aluminium (Al^{3+}). Il existe aussi des synergies, comme le magnésium qui est plus facilement absorbé quand le phosphore et l'azote sont présents en quantité, et qui facilite l'absorption du phosphore.

Il est donc fondamental d'apporter une fertilisation équilibrée, corrigeant si nécessaire les déséquilibres du sol (avec éventuellement un amendement en année "zéro"). En pratique, la diversité des plantes (capables de mobiliser divers éléments quand ils sont peu solubles) dans les systèmes SCV, la fertilisation des systèmes plantes/sol dans leur ensemble et, quand cela est possible, la diversification des engrais employés, facilitent l'obtention et le maintien d'un tel équilibre.

Quelques erreurs à éviter concernant la fertilisation

L'entretien des cultures

Eviter d'apporter une fertilisation insuffisante pour le système choisi

En année "zéro" de préparation des SCV, sur des sols peu fertiles, la principale erreur à éviter est d'apporter une fertilisation insuffisante pour en permettre une bonne valorisation et assurer une forte production de biomasse avec le système choisi. Face au coût des engrais, la tentation est souvent forte de réduire la dose, mais cette "solution" est très risquée si on descend en dessous d'un seuil minimum, nécessaire pour assurer une production qui puisse rentabiliser la fertilisation apportée, ou au moins produire une biomasse qui permette de cultiver par la suite en SCV dans de bonnes conditions (la fertilisation est alors vue comme un investissement à moyen terme dans ces systèmes). Si l'investissement dans ce niveau minimum nécessaire pour faire fonctionner le système est trop important ou trop risqué, il faut absolument changer de système pour un système moins exigeant, qui assurera la production de biomasse nécessaire avec moins (ou sans) apports d'engrais.



Eviter de faire "l'économie" d'un apport d'azote sur un paillage de graminées

Un paillage de graminées en début de décomposition immobilise dans un premier temps de l'azote. Sur un tel paillage, ne pas apporter d'azote en début de cycle (au semis) pour une culture de céréales ou de cotonnier entraîne un fort risque de "faim d'azote", très préjudiciable à la culture. Il est donc indispensable d'apporter de l'azote au semis si ce paillage n'a pas été traité suffisamment tôt pour éviter le blocage.

Eviter de maintenir une fertilisation forte sur un système installé en retard ou sans maîtrise des adventices

Une autre erreur à éviter est de maintenir une fertilisation importante programmée sur un système quand les conditions de réalisation font que le semis est fait tardivement. Un semis tardif augmente le risque climatique (d'autant plus fortement que le climat est contraignant). Au delà d'une certaine date limite, le risque devient trop important et ne peut être supporté. Il faut le réduire, en baissant le niveau de fertilisation (et les objectifs de production) si cela est possible (c'est à dire si une production de biomasse suffisante pour entretenir le semis direct est possible dans ce système, avec un niveau de fertilisation bas), ou en changeant de système si nécessaire.

De la même manière, un apport de fertilisation ne doit pas être fait si les moyens de contrôler les adventices (qui profitent aussi de la fertilisation) ne sont pas disponibles.



Fortes carences sur le maïs en compétition avec les adventices non maîtrisées

Le contrôle des adventices

4.4. Le contrôle des adventices annuelles

En culture pluviale, sur *tanety* et de façon très marquée sur les sols riches comme les *baiboho* et dans les rizières à mauvaise maîtrise où une lame d'eau ne peut être maintenue, la pression des adventices s'exerce fortement.

Le contrôle des adventices se raisonne sur l'ensemble du système de culture : choix des cultures, associations et successions, et différentes opérations de l'itinéraire technique.De manière générale, le contrôle des adventices annuelles dans des systèmes SCV installés se fait

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des adventices

assez simplement par :

- la non perturbation du sol, ce qui maintient les graines en conditions peu favorables à la germination ;
- le maintien d'une couverture végétale permanente, morte ou vivante, qui empêche la levée ou "étouffe" les adventices ;
- la réduction progressive du stock de graines et, éventuellement ;
- les effets allélopathiques des plantes utilisées en couverture.

Dans des systèmes SCV bien installés, le contrôle des adventices ne demande donc pas, en général, de mesures particulières après la mise en place de systèmes de culture appropriés, sur une couverture végétale bien contrôlée.

L'entretien des cultures

En revanche, le contrôle des adventices peut être problématique en année "zéro" de préparation des SCV, quand la couverture végétale n'existe pas encore, ou après un "accident" (production insuffisante, feu, divagation d'animaux, etc.) qui a fait que la couverture maintenue au sol n'est pas suffisante pour assurer le contrôle des adventices la saison suivante. Dans ces cas là, des mesures particulières doivent être mises en place pour assurer la maîtrise des plantes indésirables, sans altérer le bon fonctionnement des systèmes en SCV. Pendant ces années de transition des systèmes conventionnels vers des systèmes en SCV bien installés, les adventices sont un des problèmes majeurs à gérer.

Un des éléments clefs du contrôle des adventices annuelles dans ces cas là est le choix du système de culture. Le choix de cultures/associations dont l'entretien est relativement facile, qui permettent une forte production de biomasse et qui sont capables de contrôler naturellement les adventices (maïs + légumineuse ou manioc + stylosanthes par exemple), facilite l'entretien des cultures le temps de produire une forte biomasse, qui contrôlera les adventices la saison suivante.

Au delà du choix des cultures et associations à mettre en place, le travail du sol en année "zéro" peut constituer un des éléments de la lutte contre les adventices en l'absence de biomasse pour couvrir le sol. Il contribue à réduire leur pression en tuant les plantes annuelles déjà levées. Il a cependant l'inconvénient de remettre en condition de germination des graines enfouies et de multiplier végétativement certaines plantes vivaces à rhizomes ou stolons. Il ne permet donc pas à lui seul de maîtriser l'enherbement et doit être complété par d'autres mesures au semis et/ou après la levée.

Dans des systèmes SCV installés, mais après un "accident" n'ayant pas permis de maintenir une couverture du sol suffisante, le recours au labour doit par contre être évité autant que possible car il a en plus l'inconvénient d'accélérer la minéralisation de la litière reconstruite par les SCV des années précédentes, et d'en faire perdre rapidement les acquis.

Ainsi, que ce soit après travail du sol ou en semis direct avec un paillage peu épais, des mesures de contrôle des adventices doivent être anticipées, et ce d'autant plus :

- que la pression des adventices est forte ;
- que la culture est sensible à la compétition des adventices ; et
- qu'elle rend difficiles les interventions : le désherbage manuel

En cas de biomasse insuffisante...

Si après une année "zéro" de préparation des SCV la biomasse produite ne paraît pas suffisante pour contrôler les adventices dans la culture suivante, une bonne solution consiste à reconduire un système de culture facile à entretenir et à forte production de biomasse (comme maïs + dolique par exemple). L'arrachage manuel ou un léger sarclage permet alors de contrôler les adventices à moindre coût, sans engendrer une perturbation trop importante du sol. La forte biomasse produite (et éventuellement les effets allélopathiques des plantes utilisées) assurera la maîtrise des adventices pour la culture suivante, qui peut alors être une plante plus difficile à désherber (comme le riz). De la même manière, après un "accident" qui conduit à une faible couverture du sol, il est très intéressant de "recharger" les systèmes SCV par la mise en place d'un système de culture facile à désherber et à forte production de biomasse.



Contrôle des adventices par la couverture végétale
Photo : K. Naudin

Le choix des itinéraires techniques

du riz pluvial par exemple est nettement plus exigeant en temps que celui du maïs.

Le contrôle des adventices

Ce contrôle peut s'effectuer de plusieurs manières, en fonction des moyens disponibles et des contraintes :

Apport de paillage

Si de la biomasse est disponible à proximité des parcelles (on peut éventuellement concentrer la biomasse sur une partie de la parcelle), on peut l'utiliser pour créer un paillage qui aide à contrôler les mauvaises herbes. Il faut pour cela que le paillage soit suffisamment important pour couvrir totalement le sol au moins pendant les 45 premiers jours de culture. En revanche, si le paillage n'est pas suffisant (ou qu'il se décompose trop vite), les mauvaises herbes peuvent se développer, profitant même de l'amélioration de la fertilité du sol.

L'entretien des cultures

Un apport de paille sur la parcelle représente cependant un travail considérable (d'autant plus important que la paille doit être transportée sur de longues distances), parfois difficile à réaliser au moment de la mise en place des cultures (surtout si la parcelle a été travaillée traditionnellement) et n'est possible que si de la biomasse est disponible à distance raisonnable.

Arrachage ou sarclage

En semis direct, sur un mulch peu épais qui a laissé pousser les adventices, le sarclage (qui travaille le sol en surface) doit être limité autant que possible. Si les adventices sont peu nombreuses et/ou sur de petites parcelles, il est préférable de faire un arrachage des plantules à la main, sans perturber la surface du sol pour bénéficier des avantages du semis direct. Ce travail d'arrachage est toutefois très exigeant en temps (en particulier sur des cultures difficiles d'entretien comme le riz) et ne peut pas toujours être réalisé à temps. Il peut être alors préférable de recourir au sarclage, quand aucun autre moyen de maîtriser les adventices n'est accessible à l'agriculteur.

Pour des cultures relativement faciles à désherber comme le maïs, l'arrachage doit être envisagé de préférence au sarclage, même sur de grandes parcelles, à condition qu'une main d'oeuvre suffisante soit mobilisable au moment voulu.

Sarclage, buttage et billonnage

En semis direct, le sarclage doit être évité autant que possible les premières années, et est proscrit dans des systèmes SCV bien installés (d'autant plus qu'il n'est plus utile).

Billonnage et buttage sont eux totalement exclus, que ce soit en préparation de parcelle ou durant l'entretien des cultures (cas du buttage des cultures lors du sarclage par exemple). Ils sont inutiles (la structure du sol sous SCV permettant un bon développement des plantes qui font l'objet de ces pratiques en systèmes conventionnels), engendrent une perturbation du sol (avec les effets négatifs que cela entraîne), et ils constituent une gêne importante pour la mise en place de la culture suivante en semis direct (irrégularité du terrain qui empêche la mécanisation du semis et complique la mise en place manuelle).

Utilisation d'herbicides de pré- ou post-levée

L'intérêt d'utiliser des herbicides, et donc le choix de la stratégie de lutte contre les adventices est fonction :

- de la pression des adventices (et donc du milieu) ;
- du type de culture (certaines cultures comme le riz sont plus difficiles à désherber et supportent moins bien la compétition que d'autres comme le maïs par exemple) ;
- de la disponibilité et du coût de la main d'œuvre ;
- de la disponibilité et du coût des herbicides.

Les herbicides ont l'avantage de permettre un bon contrôle des adventices mais sont coûteux.

Les herbicides de pré-levée doivent être appliqués de manière systématique (avant de connaître la pression exacte des adventices), dans des conditions d'application restrictives (rapidement après le semis, sur un sol humide).Leur sélectivité, relativement bonne, peut être fonction des conditions d'application (des conditions climatiques qui ralentissent la levée comme une sécheresse peuvent conduire à des toxicités sur la culture). De plus, leur efficacité est réduite dans des systèmes SCV installés du fait de la couverture végétale et du taux élevé de matière organique.

Les herbicides de post-levée ont l'avantage d'être appliqués en fonction de la pression exacte des adventices, avec possibilité d'application localisée, et dans des conditions d'application moins contraignantes que les herbicides de pré-levée. Ils sont toutefois très difficilement uti-

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des adventices

lisables sur des associations de plantes aux caractéristiques différentes et leur sélectivité dépend des conditions d'application, pouvant engendrer une toxicité et avoir un impact sur la santé des plantes.

Le nombre réduit de matières actives homologuées à Madagascar limite cependant les possibilités de lutte chimique contre les adventices, en particulier pour certaines cultures ou associations de cultures. Même lorsque les herbicides sont disponibles, les faibles ressources des paysans ne leur permettent pas toujours de les acheter et ils ne peuvent être proposés que si leur rentabilité économique est très forte et/ou si la main d'œuvre disponible ne permet pas de contrôler les mauvaises herbes efficacement.

L'entretien des cultures

De plus, l'impact négatif des herbicides sur la santé des plantes (perturbation de la synthèse des protéines, les herbicides n'étant pas totalement sélectifs des cultures) fait que l'utilisation de ces produits en cours de culture (pré ou post-levée) doit être limitée autant que possible.

Les possibilités et l'intérêt d'utiliser des herbicides varient donc en fonction des situations et des cultures :

Pour la culture du riz

Le riz est l'une des cultures les plus difficiles à désherber, d'autant plus qu'elle se conduit souvent dans des milieux à forte pression des adventices. Ainsi, l'utilisation d'herbicides est particulièrement recommandée dans les rizières à mauvaise maîtrise d'eau où une nappe d'eau ne peut être maintenue en début de cycle, et sur les *baiboho* (en l'absence d'un paillage suffisant pour réduire la pression des adventices).

Dans ces milieux, la gestion des plantes à feuilles larges et cypéracées annuelles peut se faire par application de 2,4-D Amine (720 à 1 080 g/ha), au minimum 25 jours après la levée du riz (risque de phytotoxicité sur les plants jeunes). Plus les adventices sont âgées, plus elles deviennent résistantes ce qui suppose d'augmenter la dose. Au stade plantule des adventices, une dose plus faible (360 g/ha) est suffisante et les risques de phytotoxicité sur le riz en sont réduits.

Cet herbicide de post-levée a l'avantage de ne s'appliquer que si nécessaire, d'être très peu cher (moins de 6 000 ariary/ha = 2,3 €uros/ha pour une dose de 720 g/ha) et de contrôler un grand nombre de dicotylédones.

Pour le cas de parcelles à forte infestation de cypéracées vivaces avec organes de réserves (*Cyperus rotundus, Cyperus esculentus*) particulièrement difficiles à contrôler, leur émergence est retardée par un paillage épais. L'application de bentazone dans ces conditions permet de contrôler ces plantes suffisamment longtemps pour que le riz soit capable de les dominer. Cet herbicide n'est malheureusement plus disponible à Madagascar.

Exemple d'herbicide de pré-levée

Dans le Moyen-Ouest malgache, la très forte pression du *Rottboellia cochinchinensis* sur les *tanety* et la faible disponibilité de la main d'oeuvre font que les paysans apprécient fortement l'utilisation de pendimethaline, appliqué en pré-levée du riz pluvial.

En ce qui concerne les graminées annuelles, il n'existe pas d'herbicide de post-levée sélectif du riz qui puisse les contrôler et qui soit homologué à Madagascar (dans l'attente du cyhalofop-butyl qu'il serait très intéressant de pouvoir importer). Dans le cas où la pression de ces graminées annuelles est forte, il est recommandé d'appliquer, en pré-levée, du pendimethaline, qui contrôle ces adventices, ainsi que certaines plantes à feuilles larges. La dose moyenne d'application du pendimethaline est de 1 500 g/ha (coût : 75 000 ariary/ha = 28,3 €uros/ha). Cependant, en cas de pression extrêmement forte de plantes comme *Echinocloa sp.* et surtout *Ischaemum rugosum* que l'on peut estimer en fonction du nombre de graines présentes au sol , il est nécessaire d'augmenter la dose à 2500 g/ha (coût : 125 000 ariary/ha = 47 €uros/ha). Un autre herbicide de pré-levée intéressant est l'oxadiazon qui utilisé à 1 000 g/ha permet de contrôler la plupart des graminées et des plantes à feuilles larges, tout en étant sélectif de certaines légumineuses cultivées.

Outre leur coût élevé (et leur impact sur l'environnement), ces herbicides ont l'inconvénient d'être des herbicides de pré-levée, qui doivent être appliqués le jour du semis (quand on ne connaît pas encore quelle sera la pression exacte des adventices, et donc parfois inutilement) et sur sol humide. Cette plage réduite d'application peut poser des problèmes pour la culture

Le choix des itinéraires techniques

Le contrôle des adventices

en grandes surfaces en cas de climat aléatoire, même s'il est possible de les utiliser en post-levée précoce. Cependant, dans des milieux à forte infestation par des graminées annuelles, le désherbage manuel ou mécanique est extrêmement difficile à faire efficacement et demande énormément de travail. L'intérêt d'utiliser un herbicide est accru.

Sur *tanety* où la pression des adventices est souvent moindre qu'en rizières ou que sur les *baiboho*, l'utilisation d'herbicides n'est pas aussi recommandée que dans ces milieux "riches".

En cas d'infestation par des dicotylédones, l'utilisation, peu coûteuse, de 2,4-D anime (720 à 1 080 g/ha) en post-levée est très profitable.

Pour le contrôle des graminées sur *tanety*, le recours au pendimethaline, très coûteux (même à 1 500 g/ha) par rapport au potentiel de production, ne se justifie que dans certaines situations où la pression d'adventices du type *Digitaria horizontalis* ou *Rottboellia cochinchinensis* est très forte et ne peut être contrôlée par sarclage ou arrachage. Le coût élevé de cet herbicide réduit cependant la rentabilité de la culture du riz pluvial sur des milieux à forte pression de graminées, et il est préférable de conduire d'abord une culture plus facile à désherber, comme le maïs associé à une légumineuse.

L'entretien des cultures

Pour la culture du maïs (ou du sorgho)

La culture de maïs (ou de sorgho) pur peut être désherbée chimiquement avec des molécules telle l'atrazine. Cependant, la culture de maïs (ou de sorgho) en pur, sans association, ne fait pas partie des systèmes recommandés dans ce manuel, les associations permettant d'augmenter les revenus et la production de biomasse (et ainsi d'alimenter le « moteur » du semis direct).

En cas d'association avec une graminée (*Brachiaria sp*. ou *Eleusine coracana* en particulier), l'utilisation de 2,4-D (540-720 g/ha en fonction du stade des adventices) est possible et très rentable pour contrôler les dicotylédones. L'utilisation d'atrazine à dose réduite (0,5 à 1 kg/ha, à adapter localement en fonction du sol et du climat) est également possible pour une association maïs + brachiaria.

Dans le cas d'une association maïs (ou sorgho) + légumineuse, il est difficile de désherber chimiquement avec les matières actives disponibles à Madagascar. Le pendimethaline peut être utilisé pour contrôler les graminées (et quelques plantes à feuilles larges). Cependant, son coût élevé ne peut justifier de son utilisation que dans des situations très particulières (comme sur des *baiboho* à très forte pression des graminées et en l'absence de main d'œuvre disponible). Sur des parcelles très infestées, on peut utiliser (si disponible) un herbicide de pré-levée sélectif du maïs (et du riz) comme le métolachlore ou l'alachlore. Il est ensuite possible de semer une légumineuse en association, après 3 à 4 semaines (la rémanence de ces herbicides étant de 15 à 20 jours).



Début d'effet du 2,4-D sur dicotylédone, 24 heures après application dans le maïs

Dans la plupart des cas, en l'absence de paillage ou sur un paillage peu épais, le contrôle des adventices dans une association maïs (ou sorgho) + légumineuse peut se faire par un léger sarclage ou un arrachage manuel. Un seul arrachage/sarclage est généralement suffisant pour obtenir un bon contrôle, le maïs s'élevant rapidement au dessus des adventices qui pourraient repousser, et les légumineuses associées couvrant rapidement le sol, gênant ainsi la germination et la croissance de nouvelles plantes.

Pour la culture de légumineuses

Le bentazone était utilisé à 960 g/ha, après le stade 2 feuilles du soja, du haricot ou de l'arachide (mais pas sur niébé, *Vigna umbellata, Stylosanthes guianensis*, etc.). Depuis son retrait, il n'existe pas d'herbicide homologué à Madagascar que l'on puisse utiliser sur culture de légumineuse pour contrôler des plantes à feuilles larges.

On ne trouve plus non plus à Madagascar de fluazifop-P-Butyl qui était utilisé en post-levée (et donc applicable à la demande, en fonction de la pression des adventices constatée) à la dose de 62.5 g/ha et pour un coût raisonnable. Désormais, pour le contrôle des graminées dans une culture de légumineuse pure, seul le pendimethaline (1 500 g/ha en pré-levée) peut éventuel-

Le contrôle des adventices

lement avoir un intérêt, malgré son coût élevé, en cas de forte infestation (*Digitaria sp.*, etc.).

En l'absence de ces herbicides, ou de moyens pour les acheter, le recours au paillage est intéressant si de la biomasse est disponible, d'autant plus qu'il permet d'augmenter fortement la production (avec le pois de terre en particulier).

De manière générale, un sarclage ou arrachage est suffisant sur ces cultures si leur développement est satisfaisant et l'intérêt de l'utilisation d'herbicide est très limité.

Pour la culture du cotonnier

La culture de cotonnier en première année pour entrer dans des systèmes de semis direct n'est pas recommandée (du fait de la faible biomasse qu'il produit).

L'entretien des cultures

La lutte contre les adventices se fait alors essentiellement par la préparation d'un paillage important pour les années suivantes. A noter l'intérêt d'un paillage de sorgho pour le contrôle des cypéracées souvent gênantes dans les cultures de cotonnier.

Pour la culture du manioc

L'utilisation d'herbicide pour le contrôle des adventices dans la culture de manioc n'est pas recommandée, d'autant plus qu'il est fortement conseillé d'associer le manioc avec *Brachiaria sp.* ou *Stylosanthes guianensis*.



Contrôle des adventices par le mulch sous la pomme de terre
Photo : Rakotondramanana

Pour la culture de la pomme de terre

La pomme de terre étant une culture souvent fortement fertilisée (car exigeante), la pression des adventices peut s'exercer fortement. Il n'existe cependant pas d'herbicide homologué à Madagascar qui soit intéressant pour cette culture. L'apport d'un paillage au sol est fortement recommandé si la biomasse est disponible.L'association avec une plante de couverture (avoine par exemple) reste la pratique la plus intéressante.

Utilisation d'herbicide total entre les lignes de culture, avec un cache

Pour les cultures à faible densité (maïs, cotonnier, etc.) ou conduites en doubles rangs, il est possible d'utiliser un herbicide total (glyphosate) en l'appliquant entre les rangs (ou les doubles-rangs) de la culture, avant le semis des plantes de couverture associées, avec un cache permettant d'éviter de toucher les plantes cultivées. Cette pulvérisation en bandes sur les inter-rangs des cultures peut se faire manuellement avec un pulvérisateur à dos, ou mécaniquement avec un matériel adapté.

Quelques erreurs à éviter concernant le contrôle des adventices

Quelques précautions élémentaires permettent de limiter les erreurs dans le contrôle des adventices. On doit en particulier s'organiser pour :



- éviter d'appliquer les herbicides dans de mauvaises conditions : forte chaleur, vent, risque de pluies dans les heures qui suivent. Effectuer la pulvérisation tôt le matin permet très souvent d'éviter ces conditions défavorables. Il faut également éviter d'appliquer les herbicides en employant de l'eau sale ou à pH élevé et, de manière générale, respecter les conditions d'utilisation préconisées pour ces produits. De mauvaises conditions d'application peuvent rendre les produits inopérants et engendrer de sérieuses difficultés pour le contrôle des adventices par la suite (en particulier pour le contrôle des adventices vivaces en année "zéro") ;
- éviter de semer en sec une trop grande surface sur laquelle devra être appliqué un herbicide de pré-levée. Ce traitement herbicide devra être effectué très rapidement après les premières pluies. Il faut donc être en mesure de réaliser la pulvérisation de l'ensemble des surfaces semées en un ou deux jours.

Le contrôle des plantes associées

4.5. Le contrôle des plantes associées durant la culture

La mise en place des cultures et des plantes associées a pour objectif d'optimiser la production totale en évitant la compétition entre culture et plante de couverture. Il se peut cependant que la plante de couverture entre en compétition avec la culture : mauvaise estimation

ou non-respect au semis de l'agencement dans l'espace et/ou des dates de semis des différentes plantes, développement trop lent de la culture principale, année climatique particulièrement sèche, etc. Dans une telle situation, il est indispensable de ralentir le développement de la plante de couverture avant qu'elle ne fasse une compétition préjudiciable à la culture.

Ce contrôle se fait généralement par simple fauche ou rabattage des plantes de couverture suffisamment tôt pour éviter qu'elles ne dominent la culture. Il peut ne pas être suffisant en cas de déficit hydrique marqué (les racines de la plante associée étant toujours en place et la plante très active végétativement après la fauche). L'utilisation d'herbicide peut alors être nécessaire dans ce cas là.

Le contrôle des plantes de couverture vives

L'entretien des cultures

4.6. Le contrôle des plantes de couverture vives

La préparation d'une couverture végétale vive cherche à la contrôler suffisamment pour qu'elle ne fasse pas de compétition avec la culture, mais sans la tuer pour qu'elle puisse produire une biomasse importante après la récolte de la culture principale. Une telle gestion est cependant délicate et il arrive que la couverture vive redémarre trop rapidement, entrant en compétition avec la culture. Les observations régulières des parcelles doivent permettre de détecter les risques de compétition en cas de reprise trop rapide de la couverture (en particulier pour l'eau si les précipitations sont faibles). Dans ce cas, il est nécessaire de la contrôler durant la culture, ce qui demande :

Exemples de contrôle par fauches

Sur les hautes-terres, les paysans qui ont des vaches laitières préfèrent souvent conduire la culture de maïs dans une couverture vive de desmodium ou celle de haricot ou de soja dans le kikuyu, sans herbicide. Ils fauchent régulièrement les plantes de couverture (au prix d'un travail considérable, en particulier pour le kikuyu) et exportent une partie de la biomasse produite pendant la saison pour alimenter leurs animaux.

- l'application d'un herbicide sélectif de la culture (comme le fluazifop-P-Butyl pour le contrôle de graminées dans une culture de légumineuse), méthode rapide et efficace mais qui demande la connaissance de ces herbicides et leur accès (coût et disponibilité) ;
- l'application sur les inter-rangs d'un herbicide total (avec un cache pour éviter que la culture soit touchée) dans le cas de cultures à faible densité comme le maïs, ou installées en doubles-rangs ;
- des fauches répétées de la plante de couverture. Certaines plantes comme le desmodium ou le kikuyu peuvent ainsi être gérées en couverture vive sans herbicide, par simples fauches avant semis puis régulièrement jusqu'à ce que la culture principale domine la plante de couverture. Cette méthode ne nécessite ni investissement, ni connaissance particulière et permet d'exporter partiellement la couverture pour l'alimentation animale. Elle est cependant très exigeante en travail, ce qui peut conduire à un contrôle insuffisant ou trop tardif de la couverture. Elle a aussi l'inconvénient de ne pas réduire la compétition de la couverture pour l'eau.

Les traitements phytosanitaires en culture

4.7. Les traitements phytosanitaires en culture

Les premières années de transition des systèmes conventionnels vers les SCV, le temps qu'un équilibre écologique soit restauré et que l'alimentation des plantes soit améliorée, la pression des bioagresseurs peut être très forte sur les cultures. Dans certaines conditions, le recours à des traitements phytosanitaires en cours de végétation peut être nécessaire. Ces traitements doivent cependant être limités autant que possible du fait de leur impact négatif sur la vie des sols, l'équilibre écologique et la santé des plantes à moyen terme.

Toute utilisation de ces produits doit être raisonnée (ce qui implique une bonne connaissance des bioagresseurs et des produits) et adaptée individuellement à chaque situation.De manière générale à Madagascar, étant donné la faible disponibilité des pesticides, l'utilisation de fongicides (mancozebe) est exceptionnelle et limitée uniquement aux cultures maraîchères (tomate, pomme de terre) sous forte pression de mildiou. L'emploi d'insecticides est plus fréquent mais reste limité à la production de graines de légumineuses particulièrement sensibles et au cotonnier. Le traitement se fait en cas d'attaques importantes à partir du stade bouton floral. Le principal produit employé est la deltamethrine, à raison de 6,25 g/ha (0,25 l/ha de produit à 25 g/l de matière active) à 12,5 g/ha (en cas d'attaque de trips).

L'emploi des ces produits toxiques requiert les précautions d'usage (couverture du corps, port de gants et de masque, nettoyage rigoureux du matériel et du corps à l'eau savonneuse, etc.).

Les principales erreurs dans l'utilisation de ces produits proviennent d'une mauvaise connaissance, qui peut conduire à une utilisation abusive et/ou dans de mauvaises conditions, ou à l'inverse, d'un manque de suivi ou de réactivité qui entraînent un retard ou une absence de traitement qui aurait été nécessaire.

5. Récolte et post-récolte

La récolte se fait quand les plantes ont atteint leur maturité optimale. La récolte dans les systèmes de semis direct se distingue de celle en systèmes conventionnels par :

- le besoin de restituer l'ensemble des pailles sur la parcelle, de manière aussi homogène que possible, et
- le fait d'avoir à récolter des plantes en association, avec des maturités parfois décalées, sans endommager les jeunes plantes éventuellement en cours de croissance sous la culture.

La récolte

En pratique, les systèmes en semis direct qui fonctionnent grâce à un turn-over rapide de la biomasse cherchent à la maintenir sur place et à n'exporter que les grains. Pour cela, que ce soit en culture manuelle ou avec mécanisation, la coupe se fait aussi haute que possible et l'intégralité des pailles sont maintenues sur place ou restituées au sol après battage. La fauche haute a aussi pour avantage de maintenir la plupart de la biomasse sur pied, ce qui fait qu'elle se décompose moins vite que lorsqu'elle est en contact avec le sol où règne une forte activité biologique, et évite qu'elle soit emportée par les pluies ou le vent. Elle permet également d'avoir une répartition homogène des résidus de récolte. Ainsi, en semis direct, la récolte d'une culture est déjà une des opérations préparant la parcelle pour la culture suivante. A l'inverse, les systèmes conventionnels voient souvent dans les résidus de récolte abondants une contrainte pour le labour et cherchent à les exporter. La fauche se fait plus bas et les pailles sont exportées ou brûlées.



Récolte du riz panicule par panicule
Photo : Rakotondramanana

Le mode de récolte (manuelle ou mécanisée) a une incidence sur la conduite de la récolte et la gestion des résidus. Il a également une influence sur les systèmes à mettre en place, qui doivent pouvoir être récoltés avec les moyens employés.

5.1. Récolte manuelle

La récolte manuelle est très largement dominante dans les conditions de Madagascar, dans le cadre d'une petite agriculture familiale, avec des petites parcelles et des moyens d'investissement très limités. Elle a les avantages de ne pas demander d'investissement et de permettre la récolte de tout type d'association de cultures (en prenant garde à ne pas endommager les éventuelles jeunes plantes dans le cas des cultures en relais). Elle demande cependant un travail très important, ce qui peut poser problème pour récolter l'ensemble des cultures à un stade optimal de maturité si toutes les cultures arrivent à maturité au même moment. La récolte manuelle de parcelles semées mécaniquement (et donc rapidement) est souvent problématique. En cas de forte contrainte en main d'oeuvre à la récolte, il peut être intéressant de décaler les semis ou d'utiliser plusieurs variétés de cycles différents, pour permettre une récolte étalée sur une plus longue période de temps.

Les pratiques traditionnelles varient en fonction du type de plante et des habitudes. Elles doivent souvent être "aménagées" pour mieux s'intégrer dans des systèmes conduits en semis direct sur couverture végétale permanente, en particulier pour la restitution des pailles.

Grandes céréales (maïs, sorgho, mil)

Les grandes céréales sont de manière générale récoltées épi par épi, ce qui laisse sur pieds l'ensemble des plantes. Les cultures associées, en général à cycle plus long que ces céréales,

ne sont pas endommagées par ce mode de récolte et peuvent grimper sur les cannes laissées en place, en particulier pour les légumineuses volubiles (dolique, *Vigna umbellata*, certains niébés). Le fait de maintenir les cannes en place ralentit aussi leur dégradation, alors que leur décomposition est plus rapide une fois couchées au sol. Le maintien des cannes sur pied est particulièrement important en cas de forte pression des termites qui les décomposent très rapidement dès qu'elles sont en contact avec le sol. Pour retarder cette décomposition, on peut, à la récolte, plier les cannes en deux ce qui retarde leur chute quand elles s'affaiblissent et évite qu'elles soient couchées par le vent.

Céréales à pailles courtes (riz, blé, avoine, etc.)

La récolte manuelle des céréales à paille courte peut se faire :

- panicule par panicule ou épi par épi avec un petit couteau, ce qui est exigeant en temps mais permet une récolte "étagée" (d'un mélange de variétés par exemple) et surtout conserve en place la plus grande partie des pailles.
- par fauche à la faucille (qui permet éventuellement de choisir les pieds à maturité) ou à la faux (plus rapide mais ne permettant pas une récolte "étagée"). Dans ces cas, une partie importante des pailles est sortie de la parcelle pour réaliser le battage qu'il soit manuel, par piétinement ou mécanisé. Un tel mode de battage "à poste fixe" concentre la biomasse sur une partie de la parcelle (ou à l'extérieur). En agriculture conventionnelle, cette paille est souvent brûlée, ou éventuellement exportée pour les animaux. En semis direct, elle doit être rapportée sur la parcelle de la manière la plus homogène possible, une épaisseur de paille trop importante étant gênante pour le semis (et la gestion de la fertilité), alors qu'à l'inverse une couverture insuffisante ne permet pas d'alimenter convenablement la litière et de contrôler les adventices. Pour limiter les transports de paille, la coupe en semis direct doit être faite aussi haut que possible, ce qui n'est pas toujours facile en conduite manuelle, peut ralentir la récolte et rendre le battage difficile.



Légumineuses à graines aériennes (soja, haricot, dolique, niébé, Vigna umbellata, etc.)

Comme pour les céréales à paille courte, la récolte manuelle des légumineuses à graines peut se faire :

- gousse par gousse, ce qui maintient sur place les parties végétatives des plantes et permet une récolte "étagée" (ce qui augmente fortement la production dans le cas de plantes à floraison et fructification étalées comme le niébé), ou
- par fauche à la faucille et battage (en général manuel), pratique plus rapide surtout pour les plantes à petites graines, mais qui demande pour le semis direct à ce que les fanes soient retransportées et étalées dans la parcelle (même si elles représentent une biomasse moins importante que les pailles de céréales).

Légumineuses à graines enterrées (arachide, pois de terre)

La récolte des légumineuses à graines enterrées se fait par arrachage des plants. En semis direct, ces légumineuses positionnent leurs gousses en surface du sol, juste sous le paillage, ce qui fait que l'arrachage est facile, rapide et ne perturbe que faiblement le sol.

Comme pour les autres légumineuses, le battage se faisant "à poste fixe", il est nécessaire pour le semis direct de rapporter les fanes sur la parcelle afin d'alimenter la litière.



Récolte manuelle du pois de terre sur couverture de chiendent. Gousses en surface, sous le paillage

Racines (manioc) et tubercules (pomme de terre, patate douce, etc.)

La récolte manuelle des racines et tubercules se fait par arrachage, ce qui implique une perturbation du sol. Cette perturbation est toutefois limitée pour les tubercules, du fait qu'en semis direct ils se développent en surface, sous le paillage. Elle est un peu plus importante

Le choix des itinéraires techniques

dans le cas du manioc qui se développe dans le sol. Cependant, la bonne structure du sol entretenue par le semis direct et la production de racines tubérisées essentiellement dans l'horizon superficiel font que l'arrachage se fait facilement, sans perturber profondément le sol. Dans tous les cas, les parties aériennes (quand elles ne sont pas consommées) ne sont pas transportées et peuvent être laissées sur place lors de la récolte.

Pour les tubercules comme la pomme de terre, qui se conservent après la récolte mais ne se conservent pas dans le sol après maturité, la récolte se fait en une seule fois. A l'inverse, le manioc qui se conserve très mal (quelques jours seulement sans traitement post-récolte) peut être conservé en terre très longtemps. Sa récolte peut être étagée sur plusieurs mois et se fait au fur et à mesure des besoins.

5.2. Récolte et battage mécanisés

La récolte

La récolte et le battage mécanisés demandent un investissement important, ne sont possibles que sur de grandes parcelles, mais permettent de couvrir de grandes surfaces en peu de temps. La récolte au stade optimal de maturité peut ainsi se faire sur l'ensemble de grandes parcelles ou exploitations.

L'utilisation d'une moissonneuse-batteuse pour la récolte et le battage "à poste mobile" permet de restituer l'intégralité des pailles (et des enveloppes des grains) sur la parcelle, de manière très homogène. La hauteur de coupe est facilement réglable, ce qui permet de laisser la plupart de la biomasse sur pied et ralentit ainsi sa décomposition.
Il est aussi possible de semer certaines cultures (les petites graines) au moment de la récolte de la culture précédente, à la volée ou grâce à des distributeurs installés sous la moissonneuse. Ces graines seront légèrement recouvertes par la paille répartie derrière la moissonneuse.

La récolte d'une culture dans laquelle une plante de couverture a été installée en relais, quelques semaines avant la récolte, est également possible.

En revanche, la récolte mécanisée ne permet pas (ou très difficilement) de récolter des cultures en association ou des mélanges de variétés, avec des maturités étagées.

De plus, la mécanisation de la récolte des plantes souterraines (tubercules et racines, légumineuses qui enfouissent leurs graines) engendre une forte perturbation du sol par les outils. Elle ne respecte donc pas un des principes fondamentaux du semis direct sur couverture végétale permanente. Quand ces plantes ont un intérêt économique fort, elles peuvent toutefois être introduites dans des systèmes de culture en SCV, à condition de ne pas apparaître trop fréquemment dans les successions et d'être suivies de systèmes avec très forte production de biomasse, pour relancer rapidement le fonctionnement des systèmes en SCV.



Riz pluvial après maïs + dolique

6. Conclusions

En semis direct sur couverture végétale permanente, les itinéraires techniques visent avant tout à rendre performants les systèmes de culture qui assurent en premier lieu les fonctions agronomiques essentielles.

Le choix de l'itinéraires technique est un processus complexe, qui se fait en interaction avec le choix des cultures et associations/successions à mettre en place, en fonction des moyens disponibles et des objectifs.

Le semis est une étape fondamentale qui influence l'ensemble des opérations à mener par la suite et a un impact majeur sur la production finale. Dans tous les cas, l'itinéraire technique doit être ajusté à chaque étape en fonction des conditions réelles de la parcelle à la suite des opérations précédentes. Ces ajustements demandent un suivi précis des parcelles avec des observations fines du développement des plantes et l'évaluation régulière des risques de dommages sur les cultures. Ils demandent une forte réactivité et des capacités d'adaptation aux événements imprévus, qui ne manquent pas d'arriver au cours d'un cycle cultural.

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins : RAMAFA Impression : NIAG Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr



Volume II. Chapitre 3

Comment proposer des systèmes de culture en semis direct sur couverture végétale permanente adaptés aux besoins et contraintes des agriculteurs

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Krishna NAUDIN, Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO, RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Novembre 2009

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA TAny sy FAmpandroasana

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

afd Agence Française de Développement

maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

1. Objectifs

Les principes de création de systèmes SCV permettent d'identifier une large gamme de systèmes techniquement possibles pour une unité agronomique donnée (cf. Volume II. Chapitre 1.). Lors de la conception des systèmes pour une zone donnée, les principales contraintes socio-économiques sont également prises en compte pour développer une gamme de propositions techniques adaptées localement. Cette gamme de systèmes doit cependant permettre de faire face à la grande diversité des exploitations au sein d'une même zone, et donc proposer des systèmes avec diverses cultures principales, des niveaux d'intensification variés, des exigences en moyens et des connaissances techniques adaptables, un niveau d'intégration de l'élevage modulable, etc. L'intervention au niveau d'une exploitation consiste alors à sélectionner parmi les systèmes techniquement réalisables ceux qui lui sont les plus adaptés et les plus intéressants. Dans le cadre d'un véritable conseil à l'exploitation, l'objectif est de proposer individuellement au paysan, pour une situation donnée (parcelle x exploitation x terroir), un choix de 2 (si possible) à 5 systèmes au maximum (au-delà, le "choix" par l'agriculteur devient difficile à raisonner). Pour ces quelques systèmes identifiés, il faut expliquer leurs avantages, ce qu'ils impliquent en termes de coûts, d'intrants, de matériel, de risques, de quantité et d'organisation du travail, etc., mais aussi de résultats et de bénéfices espérés (présentés dans les fiches techniques par système, volume V.). Ce travail peut se faire à l'échelle d'une parcelle sur laquelle l'agriculteur souhaite travailler, auquel cas on cherche à identifier les systèmes pour cette parcelle qui s'intègrent le mieux dans l'exploitation. Il est toutefois préférable de chercher à organiser la production dans l'ensemble de l'exploitation pour en optimiser les moyens, et donc en faisant des propositions pour les différentes parcelles, sur des unités agronomiques multiples. Le choix des systèmes pour l'ensemble des parcelles de l'exploitation se fait alors de manière itérative (par des "allers-retours" d'une parcelle à l'autre) afin de répartir au mieux les productions pour optimiser les ressources et satisfaire les besoins de l'exploitation.



Riz après écobuage, lac Alaotra

Dans tous les cas, le choix final revient aux agriculteurs, et le travail consiste avant tout à les informer sur les possibilités offertes pas les SCV (et leurs limites), au niveau d'une parcelle qui les intéresse mais aussi sur les différentes unités agronomiques utilisables (en particulier quand le semis direct peut permettre de remettre en culture des parcelles inutilisables avec les systèmes conventionnels).

2. Les différents types de systèmes SCV



Pour faciliter le choix, les systèmes peuvent être organisés suivant quatre grands types qui permettent de s'adapter au mieux aux besoins, envies et contraintes des paysans. Ils permettent d'atteindre les objectifs et d'assurer au niveau d'une exploitation l'autosuffisance alimentaire (en particulier la satisfaction des besoins en riz) et la production de fourrage si nécessaire, tout en permettant une amélioration des sols et des productions, et en minimisant les risques (et donc les investissements) autant que possible.

Ainsi, ces systèmes peuvent permettre :

1. la production de riz. Ces systèmes visent à répondre à une préoccupation majeure et souvent prioritaire des paysans malgaches : assurer leur auto-suffisance en riz. La production de riz peut se faire au niveau d'une parcelle :

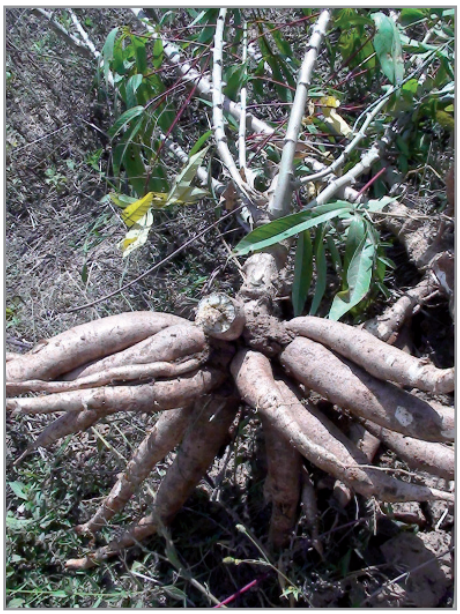
Baiboho : sol alluvial ou colluvial, riche en limons (terme malgache)

- chaque année dans les milieux où cela est possible (rizières, *baiboho*), de tels systèmes étant souvent exigeants en intrants et travail ;
- un an sur deux, en alternance avec une année de forte production de biomasse pour

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

le bon fonctionnement du semis direct, ce qui peut permettre de réduire les besoins en intrants et travail, mais nécessite d'aménager l'assolement annuel ; ou

• après deux années ou plus pour l'amélioration des sols, sur les parcelles les plus pauvres, tout en cherchant à minimiser les apports d'intrants.



Manioc + stylosanthes

2. la production de grains ou de tubercules chaque année (avec éventuellement production de riz un an sur deux). Ces systèmes permettent d'obtenir un revenu régulier au niveau d'une parcelle, tout en améliorant progressivement les sols pour pouvoir réduire les besoins en intrants.

Dans ces deux types de systèmes, l'exportation de biomasse pour l'alimentation fourragère se fait souvent au détriment des performances agronomiques. Mis à part le cas des systèmes intensifs à très forte production de biomasse, il est préférable de maintenir cette dernière autant que possible sur la parcelle, au moins les premières années pour amorcer la "pompe" du semis direct qui assure ses principales fonctions bénéfiques.

3. la production de grains ou de tubercules en alternance une année sur deux avec une plante améliorante / fourragère. Ce troisième type de système présente les avantages de permettre une amélioration plus rapide des sols et du contrôle des adventices tout en minimisant les intrants. Il a par contre l'inconvénient de ne pas permettre d'obtenir une production chaque année au niveau d'une parcelle. Dans les zones de forte densité de population où les terres disponibles sont rares, les paysans peuvent être réticents à laisser leur terre sans production une année sur deux. Ces systèmes peuvent cependant être intéressants même dans ces situations là, en particulier pour leur capacité d'amélioration des sols. Il faut alors diviser la parcelle en deux pour assurer chaque année une production forte (et sécurisée par l'amélioration rapide des sols) sur la moitié de la surface, plutôt que d'obtenir des rendements faibles chaque année sur l'ensemble de la parcelle.

Ces systèmes, par leur forte production de biomasse, permettent une utilisation partielle de la biomasse produite pour l'alimentation animale, ce qui peut être très intéressant pour les éleveurs, en particulier à certaines périodes de faible disponibilité en fourrages.

4. l'implantation de pâturages et/ou d'arbres.



Pâture de Brachiaria humidicola

Ce dernier type de système s'adresse de préférence aux éleveurs ou pour les zones de sols dégradés et fragilisés, à protéger au niveau de terroirs villageois. Ils permettent l'implantation de fourrages de qualité qui jouent un rôle important dans la protection et l'amélioration des sols. L'implantation des fourrages dans une culture permet de payer les coûts de mise en place de la plante fourragère. Cependant, en cas d'exploitation intensive des fourrages il est indispensable d'apporter une fertilisation pour compenser les exportations, sous peine d'appauvrir encore plus les sols.

Dans le cadre des relations entre systèmes en SCV et élevage, on peut distinguer :

• les **systèmes permettant la production et l'exportation partielle de fourrages** en saison ou en contre-saison ;

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs



Riz sur couverture morte de maïs + dolique

• les **systèmes permettant l'implantation de fourrages pérennes**, ou au contraire ;

• les systèmes qui demandent à ce que la **biomasse produite** soit **laissée sur place et protégée** de la divagation des animaux (au moins les premières années) ; et

• les systèmes permettant de produire une **biomasse non appétée**, qui ne sera pas prélevée même en cas de divagation d'animaux.

Enfin, dans la pratique, on distingue deux grands types de techniques de semis direct :

• les **systèmes sur couverture morte**, dans lesquels les résidus de récolte et/ou les plantes de couverture ont terminé leur cycle ou sont totalement desséchés à l'herbicide, ou contrôlés mécaniquement (rouleau à cornières, décapage, etc.) et constituent la couverture du sol. Ces techniques relativement simples ont pour la plupart l'inconvénient de nécessiter un ressemis chaque année de la plante de couverture (sauf en cas de ressemis naturel) ; et

• les **systèmes sur couverture vive** pour lesquels on se contente de maîtriser une plante de couverture pérenne pour la durée de la culture mais sans la tuer, afin qu'elle se ré-installe d'elle-même après la période de culture. Ces techniques permettent de réduire les doses d'herbicides éventuellement utilisées et de se reconduire chaque année, sans ressemis de plante de couverture qui reste en place. Ils demandent cependant une bonne maîtrise technique.

3. La caractérisation des systèmes de culture possibles

Ce manuel est conçu pour permettre d'identifier rapidement les systèmes à proposer aux agriculteurs et d'en présenter facilement les caractéristiques (performances, conditions d'application, moyens nécessaires, risques encourus, etc.).

Le volume I de ce "Manuel pratique du semis direct à Madagascar" présente les principes et le fonctionnement des écosystèmes cultivés en Semis direct sur Couverture Végétale permanente ainsi que leur mode gestionl. Ce volume II est conçu comme un outil d'aide au choix des systèmes à proposer aux agriculteurs. Le volume III présente les principales plantes de couvertures/services utilisées en SCV à Madagascar, avec leurs caractéristiques, les milieux dans lesquels elles se développent, leurs intérêts agronomiques, leur mode de gestion et les possibilités d'intégration dans les systèmes de culture. Le Volume IV illustre la conception de systèmes en faisant la synthèse de ce travail d'identification des plantes de service et des systèmes proposables pour les situation de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest). Dans cette zone agro-écologique, il présente par unité agronomique les systèmes SCV les plus intéressants pour installer rapidement des cultures en semis direct, avec leurs intérêts et leurs contraintes. Les systèmes les plus intéressants sont présentés dans le détail dans le volume V.



Riz sur paillage de stylosanthes

Les unités agronomiques sont décrites en annexe 3, sur la base des niveaux de fertilité et de compaction du sol qui conditionnent leurs aptitudes pour la production agricole, de la position topographique des parcelles, de leur régime hydrique et de leur mode d'utilisation.

Pour chaque unité agronomique, les différents systèmes proposables sont présentés dans des tableaux permettant d'établir un choix pro-

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

gressif sur la base des besoins en riz, en grains et/ou en tubercules des paysans, de leurs moyens (possibilités d'investissement en engrais, herbicides, insecticides), et des besoins en fourrage ou des contraintes de divagation. Ces tableaux reprennent les différentes successions/associations de cultures et/ou plantes de couverture/fourrages annuels ou vivaces possibles les 2 ou 3 premières années, afin d'entrer dans des systèmes en semis direct. Les colonnes "remarques" donnent aussi des indications sur les possibilités de culture au-delà de la deuxième année. Le choix doit en effet se raisonner sur plusieurs années afin :



- d'assurer la gestion de la fertilité et la couverture permanente des sols par associations / successions (intra-annuelles et inter-annuelles) de cultures ;
- de ne pas engager les agriculteurs dans des systèmes qui ne leur conviendraient pas à moyen terme (par exemple, leur faire implanter une plante vivace qui nécessitera un herbicide pour la remise en culture quand les agriculteurs n'ont pas accès à ce type de produit) ;
- de proposer des systèmes qui visent à améliorer progressivement le sol pour, à terme, permettre de cultiver des plantes exigeantes (riz, maïs par exemple), sur des unités agronomiques dégradées, qui ne permettent pas la mise en culture immédiate, ou exigeraient un apport d'intrants incompatible avec les moyens des agriculteurs ;
- d'éventuellement proposer pour démarrer des systèmes peu intéressants sur le plan agronomique mais ayant une forte rentabilité économique, afin de permettre d'intensifier l'année suivante pour obtenir plus rapidement une forte biomasse, "moteur" des SCV.

Chaque système est ensuite décrit dans une fiche présentant ses avantages, ses contraintes, et les alternatives possibles.

Pour chaque unité agronomique, une synthèse est présentée, avec les systèmes, leurs exigences et leurs intérêts agronomiques (restructuration du sol, fixation d'azote, contrôle de l'enherbement, etc.) et économiques (rentabilité, temps de travaux).

En début d'intervention, l'année de préparation du semis direct, qui se fait souvent de manière conventionnelle avec labour, est considérée comme une année "zéro". L'année 1 correspond à la première année de semis direct sur couverture végétale. Dans les cas où la biomasse disponible est suffisante pour semer directement la culture en semis direct (sur végétation naturelle de *Cynodon dactylon* par exemple), on considérera entrer directement en année 1 de SCV.

3.1. La codification des systèmes

Un code de couleurs dans les tableaux et des pictogrammes dans les fiches descriptives des systèmes permettent d'identifier rapidement les contraintes et les avantages de chaque système. Un code de texte permet de définir précisément les différents systèmes :

- les **associations de cultures** sont indiquées par un "+", que le semis se fasse en même temps ou qu'il soit décalé (culture en "dérobé" : semis de la plante de couverture ou de la culture associée quelques semaines après le semis de la culture principale) ;
- les différentes années de cultures (**successions inter-annuelles**) sont séparées par "//" ;
- les **successions de cultures intra-annuelles** sont indiquées par un "/", la deuxième culture étant semée quelques jours ou quelques semaines après la récolte de la première (ou quelques semaines avant, en "relais"), mais durant la même année.

Par exemple, "Maïs + niébé // riz / dolique" indique des successions de cultures avec du maïs associé à du niébé suivi, l'année d'après, par du riz suivi de dolique dans la même année.



Maïs + niébé

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs



Maïs sur couverture vive de trèfle

• dans le cas de systèmes très intensifs (cas des sols volcaniques des hautes terres) dans lesquels une succession de culture a lieu en association avec une culture de cycle plus long, la succession est indiquée entre crochets : "Maïs + [haricot/pomme de terre + avoine]" par exemple indique un système dans lequel le maïs est planté avec le haricot. A la récolte du haricot, de la pomme de terre est associée à de l'avoine, dans le maïs toujours en place ;

• les **systèmes sur couvertures vives** sont indiqués en tant que tels ("Haricot sur kikuyu" par exemple), sauf en cas d'implantation de la couverture vive en année "zéro", que l'on considérera comme une association de plantes ("Maïs + desmodium" par exemple, qui sera suivi en année 1 de "Maïs sur desmodium") ;

• quand il est possible de ne cultiver que la culture principale et que la plante associée est intéressante mais n'est pas indispensable dans le système de culture, elle est alors mise entre parenthèses : "Riz (+ crotalaire)" par exemple indique que le système avec riz seul est possible, mais est plus intéressant avec la crotalaire.

3.2. La codification des couleurs dans les tableaux

Afin de permettre l'identification immédiate des besoins et contraintes d'un système, les besoins en intrants sont indiqués en toutes lettres dans une des premières colonnes des tableaux, et mis en évidence par des couleurs :



• la couleur verte indique des systèmes **sans engrais, sans herbicide et/ou sans traitement de semence** ;

• la couleur bleue indique des systèmes pour lesquels les **engrais, les herbicides et/ou le traitement de semences sont recommandés**, mais pas indispensables ;

• la couleur orange indique des systèmes dans lesquels l'utilisation d'**engrais, d'herbicide et/ou le traitement de semences sont nécessaires**.

Les mêmes couleurs sont utilisées pour mettre en évidence les besoins dans la colonne des remarques (années ultérieures, alternatives aux systèmes, etc.).

Un fond vert foncé indique les systèmes les plus intéressants, recommandés en priorité.

Un fond vert clair indique les systèmes possibles dans certaines situations mais globalement moins intéressants.

3.3. Les pictogrammes dans les descriptions des systèmes

Les fiches descriptives des systèmes présentent les atouts et contraintes des différents systèmes et de leurs variantes possibles.

Elles précisent en particulier les besoins en intrants et les intérêts agronomiques et économiques. Des pictogrammes placés en marge du texte permettent de visualiser rapidement les principales contraintes de ces systèmes et leurs atouts.



Les pictogrammes se regroupent en trois types, identifiables par trois formes :

• les ronds, qui indiquent des intérêts agronomiques : restructuration du sol, fixation d'azote, contrôle de l'enherbement, possibilité d'utilisation en fourrage, précédent favorable au riz pluvial, réduction des besoins l'année suivante, etc.

• les hexagones, qui indiquent des caractéristiques favorables de ces systèmes, l'année même de leur mise en place, en termes de facilité de mise en œuvre, de faiblesse des besoins (intrants, travail), d'intérêt économique ;

• les triangles qui indiquent les besoins de ces systèmes (engrais, pesticides).

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

Quand les effets bénéfiques ou les besoins se font ressentir l'année même de la mise en place du système considéré, les pictogrammes sont laissés tels quels. Quand au contraire, les effets bénéfiques ou les besoins se font ressentir l'année suivante, les pictogrammes sont soulignés par "Saison suivante".

Saison suivante

Le même code de couleurs que dans les tableaux de sélection des systèmes est conservé : le vert indique des **conditions favorables**, le bleu indique des situations où les **intrants sont recommandés**, et l'orange signale des **besoins incontournables** pour le bon fonctionnement du système. Ainsi, les pictogrammes suivants sont utilisés :

Pour les intérêts agronomiques du système (améliorations pour les années suivantes)

• les systèmes très intéressants pour leur capacité à **restructurer les sols** (systèmes racinaires très puissants et réactivation de l'activité biologique) et à augmenter le taux de matière organique ("injection" de carbone dans le sol). L'effet se fait généralement ressentir l'année suivante, mais peut être perçu l'année même de mise en place ;



• les systèmes très intéressants pour leur capacité à **fixer de fortes quantités d'azote et/ou à recycler bases et oligo-éléments** et donc à améliorer la fertilité des sols ;



• certains de ces systèmes peuvent permettre de réduire les besoins en engrais la saison suivante, voire même de rendre possible la culture suivante sans engrais ;



• les systèmes qui sont de **très bons précédents** pour le **riz** qui pourra être cultivé dans de bonnes conditions la saison suivante ;



• les systèmes qui permettent de contrôler les adventices, utilisant des plantes capables de les dominer et de produire une **très forte biomasse** qui sera maintenue sur la parcelle (exportation très faible, en particulier pas de divagation des animaux). Certaines plantes ont également la capacité à sécréter des substances à effets allélopathiques qui empêchent le développement de nombreuses adventices.



Le contrôle des adventices peut se faire dès l'année de mise en place, ou bien porter son effet l'année suivante.



Certaines de ces plantes de couverture permettent une remise en culture sans herbicide l'année suivante.



• les systèmes capables de **contrôler ou de repousser les insectes nuisibles** grâce à des plantes (souvent de la famille des crucifères) qui libèrent des substances répulsives ou insecticides ;



• les systèmes qui permettent une **forte réduction du temps de travail la saison suivante**, grâce à une préparation rapide des parcelles (sans labour) et un bon contrôle des adventices ;



Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs





• les systèmes ayant un intérêt particulier pour l'**élevage** grâce à la possibilité d'exportation d'une partie des plantes de couverture comme **fourrage**, souvent à des périodes de faible disponible fourrager, que ce soit l'année même de leur implantation ou l'année suivante ;



• les systèmes qui au contraire utilisent des **plantes de couverture non appétées** par les animaux, ce qui permet de **préserver totalement la couverture en cas de divagation.**

Pour des caractéristiques favorables du système (l'année de mise en place)



• **les systèmes possibles sans intrants** l'année même de leur mise en place. Certains de ces systèmes, particulièrement intéressants, peuvent être suivis de systèmes sans intrants les années suivantes. Un apport minimal de fertilisation pour compenser les exportations de nutriments par les grains, les tubercules ou les fourrages est cependant recommandé ;



• **les systèmes possibles avec très peu d'intrants** (insecticide éventuellement, en particulier pour le riz, ou herbicide pour contrôler une couverture) et qui peuvent être suivis de systèmes sans intrants ou avec très peu d'intrants. Un apport minimal de fertilisation pour compenser les exportations de nutriments par les grains, les tubercules ou les fourrages est cependant recommandé.

On trouve dans ces systèmes en particulier :



• les systèmes possibles sans engrais, ce qui réduit l'investissement en intrants et réduit donc le risque économique pris. Un apport minimal de fertilisation pour compenser les exportations de nutriments par les grains, les tubercules ou les fourrages est cependant recommandé ;



• les systèmes possibles sans herbicide, ce qui réduit le niveau de connaissances techniques à avoir pour maîtriser ces systèmes, et ne nécessite pas l'investissement dans un pulvérisateur et des produits chimiques parfois difficiles à se procurer. On peut distinguer :

- les systèmes bien conduits à forte production de biomasse, avec des plantes au démarrage rapide qui peuvent étouffer les adventices sans faire de concurrence à la culture. (Maïs + dolique sur *baiboho* au lac Alaotra par exemple). Ces systèmes sont cependant souvent délicats à gérer et nécessitent une croissance rapide de la culture principale et une gestion fine de son association avec une plante de couverture. Certaines plantes, comme l'avoine, ont en plus l'avantage de contrôler les mauvaises herbes pendant la culture et de produire un paillage qui contrôle la plupart des adventices grâce à des effets allélopathiques. Dans ces conditions, un simple arrachage à la main des quelques adventices qui peuvent se développer est suffisant (et n'est parfois même pas nécessaire) ;

- les systèmes **possibles sans herbicide** mais qui peuvent nécessiter **un ou deux arrachages** des adventices (ou éventuellement un sarclage léger en année "zéro"). Il s'agit en particulier des systèmes sur labour en première année (avec des cultures relativement aisées à désherber et dans des milieux où la pression des adventices n'est pas trop forte) et des systèmes en semis direct sur un paillage relativement important mais pas toujours suffisant pour contrôler toutes les adventices. Ces systèmes sont **plus sécurisés** par la possibilité d'**utilisation éventuelle d'herbicide** (en particulier en cas de biomasse insuffisante après une année à faible production, ou après divagation des animaux qui ont exporté la couverture).

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

On indique également :



• les systèmes peu exigeants en travail, l'année même de leur mise en place, en particulier aux périodes où la main d'œuvre est peu disponible ;



• les systèmes à **forte rentabilité économique** dès la première année (parfois au détriment de l'intérêt agronomique) et qui permettent ainsi d'obtenir des bénéfices qui pourront être réinvestis dans les cultures suivantes ;



• les systèmes faciles à mettre en œuvre, ne nécessitant pas de connaissances particulières, étant très souples au niveau du calendrier cultural et/ou très robustes, c'est à dire n'étant pas trop altérés par des "dérives" par rapport à l'itinéraire technique préconisé.

Pour les besoins et contraintes des systèmes



Les besoins en fertilisation sont fonction des plantes cultivées, du niveau de fertilité des sols (et donc du type de sol et du précédent cultural), du type de paillage éventuel (risques de faim d'azote pour les céréales sur un paillage de graminées) et du mode d'association (type de plante associée, date d'implantation, etc.). Les pictogrammes permettent de distinguer la nécessité ou non d'utiliser de l'engrais mais n'en indiquent pas les doses qui sont précisées dans les fiches techniques par système (cf. Volume V.), avec un niveau indicatif des rendements que l'on peut espérer par milieu.

En plus des systèmes sans engrais, on distingue :



• les systèmes pour lesquels la **fertilisation** n'est pas indispensable mais est **recommandée** car elle permet d'augmenter sensiblement la production de grains (de manière rentable) et de biomasse (facilitant l'entrée en semis direct pour la saison suivante) ;



• les systèmes qui ne sont **pas possibles sans une amélioration de la fertilité**, par apport d'engrais et/ou écobuage ;



• les systèmes qui ne sont **pas possibles sans un écobuage préalable** ;

Enfin, on indique :



• les systèmes et milieux pour lesquels l'**écobuage est très recommandé** pour sa capacité à améliorer rapidement, et à coût réduit (mais travail important), la fertilité des sols ;



• les systèmes qui produisent une biomasse de graminées, et qui risquent d'entraîner **une faim d'azote** pour la culture de céréales (riz, maïs, sorgho, etc.) en semis direct. Un **apport d'azote** pour la culture de céréale ou de cotonnier (en particulier au semis) sera donc **nécessaire la saison suivante**.



Les besoins en herbicide pour une année donnée dépendent des cultures qui vont être installées (certaines étant plus compétitives que d'autres face aux mauvaises herbes) et, en premier lieu, du précédent cultural (ou de la situation de départ), en particulier de la quantité et de la qualité de la biomasse en place au moment du semis (et donc produite sur les cycles précédents), de la flore adventice du milieu et du mode de préparation du sol (labour en année "zéro" ou semis direct).

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

Les besoins en herbicide indiqués ici sont les besoins généralement observés après les différents systèmes ou précédents culturaux, dans les divers milieux, et avec une bonne gestion de ces systèmes (en particulier apport d'engrais quand ils sont recommandés). Ceci sous-entend donc que :

i) la production de biomasse a été bonne le cycle précédent. Dans le cas contraire, il faut considérer qu'on se retrouve dans la situation de première année, avant que le lit du semis direct n'ait été préparé par la production de biomasses importantes ;

ii) la biomasse produite a été gérée convenablement : pas d'exportation non contrôlée par les animaux ni de feu en particulier, afin de maintenir une couverture suffisante du sol.

Il est également à noter que ces niveaux de **besoins en herbicides** sont indiqués **pour les premières années d'entrée dans les SCV**. Après plusieurs années de semis direct bien conduit, la production de biomasse pour un système donné augmente suite à l'amélioration de la fertilité des sols, et les **besoins en herbicide diminuent** grâce à l'accumulation des couvertures et à la réduction du stock semencier des adventices dans le sol. Enfin, il s'agit des niveaux d'herbicide nécessaires en l'état actuel de maîtrise de ces systèmes. Le travail de mise au point des systèmes se poursuit pour apporter des améliorations visant à réduire ces niveaux.

On distingue donc :



• les systèmes pour lesquels l'**usage d'herbicide est recommandé,** avec deux cas de figure :

- les systèmes beaucoup plus faciles à gérer avec de l'herbicide, mais dont une gestion sans herbicide, souvent consommatrice en travail, peut avoir un intérêt. Il s'agit en particulier des systèmes en rizières mal irriguées (où la pression des adventices est relativement forte ce qui nécessite plusieurs sarclages, exécutés à temps), des systèmes installés sur végétation naturelle de graminées à touffes sur *tanety* (contrôlables par décapage à l'*angady*), ou de la gestion de couvertures vives du type kikuyu avec exploitation pour le bétail (nombreuses fauches dans la culture) ;

Tanety : colline
Angady : sorte de bêche
(termes malgaches)

- les systèmes où l'utilisation d'herbicide est recommandée car beaucoup plus rentable que l'utilisation de main d'œuvre pour le contrôle manuel des mauvaises herbes. Il s'agit en particulier des systèmes installés sur résidus de culture après des systèmes produisant une biomasse relativement limitée (comme le pois de terre), et/ou qui se décompose rapidement ;



• les systèmes pour lesquels l'**usage d'herbicide est nécessaire**, aussi avec deux possibilités :

- les systèmes techniquement réalisables sans herbicide mais au prix d'un important travail et d'une baisse des performances techniques, et pour lesquels l'utilisation d'herbicide est très fortement recommandée. Il s'agit par exemple de la culture sur couverture morte de *Brachiaria ruziziensis* ou de *Cynodon dactylon* ;

- les systèmes très difficiles ou impossibles à conduire sans herbicide, et pour lesquels l'utilisation d'herbicide est quasiment obligatoire, comme la culture sur couverture maintenue vivante de *Cynodon dactylon*.



On indique également les systèmes qui peuvent se conduire sans herbicide la ou les premières années (correspondant souvent à l'installation de plantes de couverture pérennes) mais nécessiteront l'**emploi d'herbicide pour la remise en culture** (après brachiaria par exemple).

Les informations ainsi présentées permettent de renseigner immédiatement les agriculteurs sur les exigences des systèmes proposés, ce qui permet d'éliminer rapidement les systèmes ou cultures non adaptés à leurs moyens, et de proposer des alternatives. Ainsi, pour chaque situation, il est possible d'indiquer quel niveau d'intensification est exigé pour une culture particulière (celle souhaitée initialement par le paysan), et si ce niveau n'est pas compatible avec les moyens de l'agriculteur, de proposer des systèmes/cultures compatibles avec ses moyens. Ces systèmes doivent permettre, après amélioration de la fertilité par les pratiques SCV, de cultiver les plantes/cultures souhaitées par le paysan avec des niveaux d'intensification réduits.

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

Les besoins en insecticides dépendent avant tout des cultures concernées, mais aussi des milieux et de la volonté de produire des grains ou non. On distingue ainsi :



• les systèmes pour lesquels le traitement insecticide des semences (souvent coûteux) est recommandé ;

• les systèmes pour lesquels un traitement insecticide en végétation (en général peu coûteux) est recommandé ;

• les systèmes pour lesquels un traitement insecticide en végétation (en général peu coûteux) est nécessaire.

3.4. Les onglets permettant le repérage des unités agronomiques et des cultures

Des onglets de couleur situés dans la marge en haut de page permettent de repérer rapidement les différentes unités agronomiques.

D'autres onglets permettent de repérer (par leur couleur et leur position) les différentes cultures présentées dans les fiches descriptives des systèmes, ainsi que les plantes associées.

On dispose ainsi rapidement des informations qui permettent de raisonner le choix des systèmes à proposer aux agriculteurs en fonction des situations : plantes utilisables, systèmes possibles, itinéraires techniques à appliquer, caractéristiques de ces systèmes (intérêts, exigences, etc.). Ces informations peuvent être facilement présentées aux agriculteurs qui peuvent ainsi effectuer leur choix en connaissance de cause.

4. L'identification de systèmes à proposer aux agriculteurs en fonction de leurs objectifs, moyens et contraintes

4.1. Le diagnostic rapide au niveau de l'exploitation

Le conseil à l'exploitation nécessite donc d'affiner le diagnostic rapide réalisé au niveau des terroirs et d'identifier les moyens, besoins et contraintes au niveau de l'exploitation concernée.

En plus des caractéristiques du terroir (climat, pression des bioagresseurs, pression sur la biomasse, "*dina*" et "*fady*" locaux, risques de feu, de divagation des animaux ou de vols, conditions d'accès au crédit et aux intrants, possibilités de commercialisation des produits, etc.), le diagnostic individuel doit permettre de prendre en compte pour le choix des systèmes :

Dina : loi locale
Fady : taboo, interdits

• les caractéristiques de la (ou des) parcelle(s) concernée(s), cultivée(s) ou non : les unités agronomiques, l'utilisation qui en est faite par l'agriculteur (cycles de cultures, rendements, intrants, utilisation des résidus de culture, etc.), les contraintes agronomiques majeures (compaction, battance, fertilité, enherbement, bioagresseurs, etc.) et les risques d'accidents (climatiques, vols, etc.), le mode de faire valoir, etc.

• la capacité de l'agriculteur à mobiliser des moyens de production (matériel et main d'œuvre disponibles en particulier durant les périodes clefs de travail agricole, capacité d'investissement, accès aux intrants, activités extra-agricoles, etc.) et le risque supportable (capacité à supporter un échec et niveau de risque accepté) ;

• les besoins de l'exploitation (production de riz ou d'une culture particulière, besoins en fourrages, etc.), comment ces besoins sont couverts (répartition des productions entre les différentes parcelles, ressources extra-agricoles, etc.) et les priorités (cultures prioritaires, prise de risque acceptée, opportunités de commercialisation, etc.).



Observation de la compaction du sol

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs


Etablir des relations de confiance

Ce diagnostic doit cependant rester rapide (1 à 2 heures/exploitant), se faisant de manière informelle par discussions et observations des parcelles en question. En ayant en tête les systèmes techniquement possibles sur les unités agronomiques concernées, il s'agit de voir rapidement avec le paysan :

- quelles sont ses cultures principales pour s'inspirer des systèmes qu'il connaît et maîtrise, et simplement les "habiller" pour les conduire en SCV ;
- s'il a absolument besoin de produire une culture bien définie sur une parcelle donnée (auquel cas il devra apporter les moyens nécessaires), ou si au contraire il n'a pas d'idée prédéfinie sur la culture principale à conduire dans la parcelle en question, cherchant avant tout à optimiser la production et les bénéfices, avec les moyens dont il dispose ;
- s'il est possible de proposer des systèmes intensifiés, avec apports d'intrants (ou de travail) dont le coût doit pouvoir être supporté, ou si au contraire le risque doit être minimisé avec des systèmes très peu intensifs ;
- si l'espace disponible permet de prendre le temps de restaurer les sols par des "pompes biologiques" ou si la fertilité doit être remontée plus rapidement (engrais chimiques, écobuage) ;
- quelle est la pression sur la biomasse au niveau de la parcelle (en particulier les besoins en fourrage et les risques de divagation) ;
- s'il faut se limiter à proposer, au moins dans un premier temps, des systèmes très simples ou si l'agriculteur est prêt à s'orienter vers des systèmes plus performants mais plus complexes (qu'il doit être capable de gérer), et demandant une bonne technicité.

4.2. L'identification des systèmes les plus adaptés à l'exploitation

C'est sur la base de ces informations que l'on peut identifier parmi les systèmes techniquement possibles (cf. Volume II. Chapitre 1. pour la sélection de ces systèmes et Volume IV. pour l'identification des systèmes les plus intéressants dans chaque zone agro-écologique) ceux qui sont les plus adaptés et les plus intéressants dans les conditions d'intervention (parcelle x exploitation x terroir), soit pour des parcelles déjà en culture, soit pour la mise en valeur de terrains jusque là inexploités.

La démarche pour choisir les systèmes les plus appropriés au niveau d'une parcelle donnée se fait au cours d'échanges avec les agriculteurs, et comprend 6 étapes (résumées page 15) :

Etape 1. Identification des unités agronomiques rencontrées sur l'exploitation, en particulier celles que l'agriculteur souhaite utiliser pour essayer des systèmes SCV. Il faut en connaître les caractéristiques, les atouts et les contraintes. L'unité agronomique qui prend en compte différentes caractéristiques de la parcelle (fertilité du sol, compaction, régime hydrique) détermine très largement les systèmes possibles durant les premières années de transition vers les systèmes SCV, ainsi que les itinéraires techniques à mettre en place (qui dépendent également de la végétation et de la pression des insectes). Les tableaux d'aide à la sélection (Volume IV.) présentent en conséquence les systèmes à proposer en priorité en fonction des zones agro-écologiques et des unités agronomiques. La reconnaissance de l'unité agronomique et l'utilisation de ces tableaux pour l'unité en question permettent donc de disposer de la gamme des systèmes techniquement possibles.

Etape 2. Définition des objectifs et des cultures prioritaires des paysans (pour l'exploitation en général, et pour la parcelle en question)

Etape 3. Identification des moyens disponibles au niveau de l'exploitation et qui peuvent être employés sur la parcelle en question : possibilités d'accès aux intrants (et capacité à suppor-

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

ter le risque d'un tel investissement), main d'oeuvre disponible et mobilisable sur la parcelle en particulier aux moments critiques (semis, désherbage, récolte), maîtrise technique de certaines pratiques, activités extra-agricoles, etc.

Etape 4. Identification des systèmes agronomiquement possibles, et correspondant aux priorités de l'agriculteur en se basant sur les tableaux d'aide au choix des systèmes pour l'unité agronomique en question. Pour cela, ces tableaux présentent pour une unité donnée les systèmes possibles en fonction des objectifs et des moyens des agriculteurs (cultures préférées, niveau d'intensification/investissement, intégration avec l'élevage,etc.).

On élimine dès cette étape les systèmes dont on sait qu'ils réclament des moyens incompatibles avec les possibilités de l'agriculteur et ceux proscrits au niveau du terroir (*fady*). A l'inverse, on met en avant ceux qui permettent des productions particulièrement intéressantes sur le plan économique, en fonction des possibilités de commercialisation. L'intérêt économique des différentes productions étant extrêmement fluctuant, que ce soit dans le temps ou dans l'espace, il ne peut être présenté dans ce manuel et devra être identifié au cas par cas (lors du diagnostic initial).

Etape 5. Présentation de ces systèmes à l'agriculteur, en indiquant rapidement les principaux avantages, et en précisant pour la parcelle en question quels sont les niveaux d'intensification possibles/nécessaires et les revenus espérés. Il faut présenter dans le détail les moyens nécessaires (engrais, herbicides, pesticides et travail) qui dépendent des conditions de la parcelle (enherbement, fertilité initiale, etc.), avec les itinéraires techniques possibles pour réduire certains besoins (paillage pour réduire les besoins en force de travail et/ou en herbicides au moment du désherbage par exemple). Cela demande donc une étude des itinéraires techniques possibles pour une situation donnée, qui fait l'objet du Volume II. Chapitre 2. de ce manuel (les itinéraires techniques détaillés par systèmes étant présentés dans le Volume V.). Pour faciliter la compréhension, il est préférable d'utiliser les unités couramment employées par les paysans (*kapoaka, garaba*, etc.).



Présentation des systèmes aux paysans
Photo : Ph. Grandjean

- si les moyens nécessaires sont disponibles et que l'agriculteur est prêt à les mobiliser, on lui présente alors en détail les avantages, les contraintes, les risques (climatiques, feux, vols, etc.) et la capacité des différents systèmes proposés à récupérer après un accident (résilience). On montre en particulier les avantages et les risques des systèmes intensifs par rapport aux systèmes à faibles besoins en intrants ;

- on présente de la même manière les systèmes pour lesquels les moyens nécessaires ne sont pas disponibles mais peuvent être obtenus (possibilité d'accès au crédit et aux produits nécessaires et risques encourus supportables au niveau de l'exploitation) ;

- si les moyens nécessaires ne sont pas disponibles et ne peuvent pas être obtenus, si les niveaux d'intrants minima nécessaires pour la culture considérée (sur la parcelle en question) sont trop élevés, ou s'il n'y a pas de système possible sur la parcelle avec la culture prioritaire de l'agriculteur (production très faible, non rentable et ne permettant pas "d'amorcer la pompe" du semis direct), il est nécessaire de modifier les objectifs prioritaires pour les adapter aux moyens mobilisables. On revient alors à l'étape 4 d'identification de systèmes à proposer en s'aidant des tableaux d'aide au choix des systèmes, par unités agronomiques. Deux options principales se présentent alors :

  - l'objectif prioritaire reste la production de la culture préférée (souvent le riz), mais la production peut être différée et l'objectif devient l'amélioration de la parcelle pour une production à terme (2 à 3 ans) de la culture privilégiée ;

  - l'objectif est de minimiser les risques (et donc les intrants) et on cherche alors à produire une culture moins exigeante, plus adaptée aux moyens disponibles et au niveau de fertilité de la parcelle. L'idéal est de trouver des systèmes capables de répondre à ces deux objectifs à la fois.

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs



Riz sur écobuage Sud- Est

Une fois les solutions identifiées, on présente les avantages, risques et contraintes respectifs des systèmes proposés (en particulier en termes de restructuration du sol et d'augmentation de la fertilité).

Une troisième option peut également se présenter si le paysan tient absolument à optimiser la production d'une culture, avec les moyens disponibles. On peut dans ce cas là lui proposer d'identifier des parcelles plus adaptées à la culture souhaitée (en utilisant les tableaux de synthèse des systèmes pour les différentes unités agronomiques).

Etape 6. Le choix des systèmes de culture. Ce choix s'affine progressivement avec la définition d'un itinéraire technique précis pour chaque système retenu, qui permet de le conduire sur la parcelle donnée, avec les moyens de l'exploitant, sur son terroir. En éliminant les systèmes trop contraignants et en ne gardant que les plus intéressants, on ne retient que quelques (maximum 4 ou 5) propositions bien ciblées et argumentées. Le choix final du système pour une situation donnée revient au paysan qui prend en compte les objectifs, contraintes et atouts qui lui sont propres. Afin qu'il puisse effectuer son choix en connaissance de cause, les informations nécessaires à cette prise de décision lui sont fournies (coût et besoins en travail des systèmes, intérêt d'investir dans des intrants, bénéfice espéré, risques encourus, facilité de gestion, etc.), sur la base du tableau de synthèse des systèmes proposables, présenté à la fin de chaque unité agronomique, et des fiches descriptives des systèmes par milieux.

En fonction des situations et des demandes, des démarches complémentaires peuvent/doivent aussi être adoptées, comme par exemple :

- pour une unité agronomique donnée, présenter les systèmes/cultures rendus possibles par les SCV alors que les pratiques traditionnelles ne les permettent pas ;
- pour une contrainte particulière (peste végétale comme le striga, risque de divagation des animaux, sols compactés, etc.), présenter des systèmes spécifiques pouvant la lever.

Ces approches et leur combinaison permettent aux agriculteurs de raisonner leur choix non pas à l'échelle de la parcelle, mais à celles des exploitations et du terroir villageois.

Il faut cependant reconnaître les limites des SCV, les faire connaître, et ne pas hésiter à refuser d'appuyer un paysan qui souhaiterait, contre les recommandations, cultiver des plantes dans des conditions qui ne permettraient pas d'obtenir de bons résultats. Dans ces cas là, il est par contre très intéressant de conduire une démonstration réussie, en se plaçant dans de meilleures conditions (apport d'intrants ou culture d'autres plantes moins exigeantes par exemple).

Mais il est également possible d'adapter les systèmes proposés afin de satisfaire précisément les besoins des paysans dans des situations spécifiques. En effet, même si l'approche proposée essaie de coller du plus près aux réalités de terrain, le nombre de systèmes présentés dans ce manuel a été réduit pour ne présenter que les principaux, qui peuvent intéresser un grand nombre de paysans. En conséquence, des systèmes qui peuvent avoir un fort intérêt dans certaines situations spécifiques ne sont pas présentés ici.



Evaluation des systèmes SCV par les paysans au lac Alaotra

Ainsi, les tableaux de synthèse et les systèmes proposés ne veulent en aucun cas être des "recettes" toutes faites à appliquer obligatoirement en tant que telles. Ces tableaux de synthèse doivent être considérés comme des guides, présentant le cadre général mais pouvant/devant être adaptés aux situations réelles (en respectant bien évidemment les grands principes des SCV présentés dans les volumes I et II), dans une vision globale des milieux et des systèmes. Une telle adaptation nécessite cependant de l'expérience, une très bonne connaissance du matériel végétal utilisable et une bonne maîtrise de l'ensemble des systèmes. Il est recommandé, dans un premier temps, de se limiter aux systèmes présentés dans les volumes IV et V de ce manuel.

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

La démarche pour l'identification de systèmes adaptés aux besoins et contraintes des paysans, dans un aménagement d'ensemble au niveau des terroirs

1. Identification des caractéristiques de la parcelle : zone agro-écologique, unité agronomique, contraintes, etc.
2. Identification des objectifs prioritaires du paysan (culture prioritaire)
3. Identification des moyens disponibles et risques supportables
4. **Parcelle donnée x culture donnée**
   ↓
   Systèmes proposables x moyens nécessaires



Utilisation des tableaux d'aide à la sélection des systèmes pour l'unité agronomique concernée

Moyens nécessaires disponibles

Moyens nécessaires non disponibles

Pas de système possible sur la parcelle avec la culture prioritaire du paysan

Possibilités d'obtention des moyens nécessaires (accès au crédit, risque encouru supportable, etc.)

Pas de possibilités d'obtention des moyens nécessaires et/ou risque pas supportable

Adaptation des objectifs aux moyens disponibles

5. **Présentation des systèmes possibles, avec leurs intérêts, contraintes et risques**

5. **Présentation des systèmes possibles, avec leurs intérêts, contraintes et risques**

4. **Recherche de possibilités d'amélioration de la parcelle (avec les moyens disponibles) pour permettre à terme la production de la culture désirée**

Identification de systèmes permettant à terme la culture désirée sur cette unité agronomique avec les moyens disponibles



Utilisation des fiches descriptives et des tableaux de synthèse des caractéristiques des systèmes

5. **Présentation des cultures et systèmes possibles (intérêts, contraintes et risques) avec les moyens disponibles**

Recherche des cultures possibles sur la parcelle avec les moyens disponibles

Parcelle donnée X Moyens disponibles

4. **Cultures possibles**

Identification de cultures et systèmes performants sur cette unité agronomique avec les moyens disponibles

5. **Présentation des cultures et systèmes possibles (intérêts, contraintes et risques) avec les moyens disponibles**

Recherche des parcelles où la culture prioritaire est possible avec les moyens disponibles

Culture donnée X Moyens disponibles

4. **Choix de parcelle**

Utilisation des tableaux de synthèse des caractéristiques des systèmes

Identification de parcelles plus favorables pour l'atteinte des objectifs avec des moyens limités

5. **Présentation des systèmes possibles (intérêts, contraintes et risques) pour la culture prioritaire sur les parcelles identifiées**

6. **Choix final par le paysan des cultures et systèmes dans les différentes unités agronomiques**

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

5. L'intervention au niveau d'un terroir

L'intervention au niveau d'un terroir ne se limite pas au niveau de la parcelle ou de l'exploitation. Elle doit se faire plus globalement, sur l'ensemble des milieux observés et sur les divers types d'exploitations rencontrés.

5.1. Les démonstrations techniques

Les premières actions sur un terroir touchent en général les agriculteurs les plus novateurs et les plus motivés, qui ont souvent l'écoute de la communauté villageoise (formateurs d'opinion), et ce sur une faible partie de leur exploitation. L'objectif que doit se fixer le vulgarisateur est donc d'effectuer avec ces agriculteurs d'excellentes démonstrations, dans des milieux diversifiés, avec les systèmes de culture les mieux adaptés à ces milieux. Ces premières parcelles doivent permettre de montrer à l'ensemble de la communauté villageoise comment entrer rapidement dans les systèmes de semis direct sur couverture végétale permanente.



Riz pluvial sur tanety *hydromorphe et drainage de bas-fond dans le Sud-Est*
Photo : H. Charpentier

5.2. L'aménagement du territoire

Si la démarche d'intervention proposée pour la diffusion des SCV peut s'appliquer individuellement aux contraintes et souhaits des agriculteurs, elle vise également à promouvoir des actions d'aménagement d'ensemble des unités agronomiques. On pourra ainsi proposer des actions communautaires pour fixer en priorité les zones de fragilité, l'aménagement de zones de parcours de pâturage pour limiter la divagation des animaux, la gestion communautaire des terroirs ou de certaines ressources sensibles (comme la répartition de la biomasse entre rizières et *tanety*) lorsque nécessaire, la restriction des feux et/ou l'aménagement de pare-feux, etc.

5.3. Associations et groupements

Enfin, l'approche au niveau d'un terroir doit également viser à favoriser, promouvoir, susciter la création d'associations d'agriculteurs adeptes du semis direct, afin de :

- faciliter les échanges entre paysans (savoir-faire, semences, etc.) ;
- leur permettre de se doter des moyens nécessaires aux pratiques SCV (accès au crédit, utilisation de matériel en commun ou création de services de prestations "à la tâche" pour des opérations particulières comme le traitement de semences, etc.) ;
- optimiser les commandes et réduire les coûts, en groupant les achats d'intrants ;
- obtenir de meilleurs revenus lors de la commercialisation des productions (acheminement et ventes groupés, information sur les prix, stockage ou transformation des produits éventuels), etc.

6. Quelques erreurs à éviter dans le choix des systèmes

Une étape majeure dans la mise en place de systèmes en SCV est le choix des systèmes de culture les plus adaptés à une condition donnée. En pratique, lors des échanges avec les paysans pour ce choix des cultures et plantes de couverture, il est important d'éviter de commettre un certain nombre d'erreurs :

6.1. Ne pas débuter par des plantes trop exigeantes

Très souvent, les parcelles proposées par un paysan pour mettre en place de nouvelles techniques sont parmi les moins productives de son exploitation. En revanche, les cultures de prédilection sont des cultures exigeantes (comme le riz). L'apport de fertilisation sur ces parcelles/cultures est en général risqué et est peu souvent rentable. Il faut donc absolument éviter de mettre en place les premières années des systèmes à base de plantes exigeantes sur des sols dont la fertilité ne peut pas être remontée à un niveau permettant d'assurer une production (de grains et de biomasse) rentable, et qui permette par la suite un semis direct

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

dans de bonnes conditions. Il faut donc préférer débuter avec des plantes peu exigeantes pour “mettre en route” le semis direct de manière efficace, ce qui permettra par la suite la culture de plantes plus exigeantes.

6.2. Ne pas maintenir un système quand un retard de mise en place le rend inefficace

Le choix des systèmes se fait de manière à optimiser la production de biomasse dans un climat donné. Cela suppose en particulier que le semis se fasse le plus tôt possible. Lorsque les conditions de réalisation font que le semis prend du retard, il peut être nécessaire de changer de système. Une culture de cycle long installée trop tardivement dans des climats à période de production limitée risque de ne pas terminer son cycle, et produit peu de biomasse. Quand le retard pris fait que ce risque devient trop important, il faut opter pour un système différent, associant des plantes de cycle plus court, qui assureront production de grains et de biomasse. Ceci demande des capacités d’anticipation et une forte réactivité.

6.3. Ne pas proposer des systèmes qui demandent un investissement non sécurisé

Certains systèmes demandent un investissement qui peut être considérable pour une petite exploitation familiale. Ces investissements doivent impérativement être sécurisés. En l’absence de sécurité (risque de vol, etc.), il faut préférer des systèmes moins intensifs, avec des plantes moins exigeantes. Dans le cas où c’est la sécurité foncière qui n’est pas assurée, il faut prévoir des systèmes qui permettent un retour sur investissement très rapide (l’année même), comme du niébé sur couverture vive de *Cynodon dactylon* ou l’association manioc + brachiaria sur des sols dégradés, qui pour un investissement minime permet de doubler le rendement du manioc par rapport aux pratiques conventionnelles.



Manioc + brachiaria, lac Alaotra

6.4. Ne pas proposer des systèmes qui demandent à terme des moyens non disponibles

Certains systèmes de culture peuvent être faciles à mettre en place, avec très peu de moyens, mais demanderont des moyens spécifiques pour la remise en culture par la suite. C’est le cas en particulier de systèmes à base de brachiaria, difficiles à reprendre sans herbicide. Avant de proposer de tels systèmes, il faut s’assurer que l’agriculteur aura à sa disposition les moyens nécessaires au moment de remettre la parcelle en culture.

6.5. Ne pas proposer des systèmes qui ne permettent pas de maintenir une biomasse suffisante

Lorsque la pression sur la biomasse est forte, il ne faut proposer des systèmes avec des plantes de couverture appétées des animaux que si les règles locales et/ou des mesures de protection (clôtures, etc.) permettent de conserver une biomasse suffisante pour “alimenter” les systèmes SCV. Dans le cas contraire (divagation, vaine pâture, etc.), il faut utiliser des plantes non appétées, comme les crotalaires.

6.6. Ne pas débuter avec des systèmes risqués et/ou complexes

La pratique des SCV demande un apprentissage permettant d’obtenir la maîtrise de ces systèmes. Il est donc préférable de débuter avec des systèmes très simples, faciles à mettre en œuvre et à maîtriser. Il faut en particulier éviter les premières années des associations difficiles à gérer, demandant une très bonne connaissance du matériel végétal et une maîtrise fine de l’itinéraire technique (herbicides, etc.), et les systèmes très complexes comme des associations d’un grand nombre d’espèces.

7. Quelques exemples de systèmes SCV “passe-partout”



Parmi la large gamme de systèmes SCV, des systèmes simples ont émergé face à la variabilité des milieux. Ils permettent de répondre aux principales contraintes physiques et socio-économiques des petites agricultures déshéritées du Sud, notamment par l'utilisation d'un minimum d'intrants (voire sans intrants chimiques), même dans les sols les plus

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

dégradés, et intègrent agriculture et élevage. Certains de ces systèmes sont d'une applicabilité générale, universelle sous les tropiques, et sont de mise en œuvre et de reproductibilité simples. Ils peuvent être recommandés sans risque dans de nombreuses situations.

7.1. Association maïs + légumineuse alimentaire volubile

L'association du maïs avec une légumineuse alimentaire volubile (dolique, niébé, *Vigna umbellata,* etc.) est un système particulièrement prisé des paysans pour ses nombreux intérêts :

Toutes zones

Applicabilité

Ces systèmes peuvent être mis en place dans toutes les zones agro-écologiques de Madagascar, et en premier lieu dans les zones de moyenne altitude. Ils sont réalisables sans engrais sur les sols "riches" ou "moyennement riches" des *tanety*, sur les *baiboho*, les sols exondés dans les plaines, etc.



Facilité de mise en œuvre

La gestion des associations est facile, en jouant essentiellement sur l'espacement entre les plantes, la date de semis des différentes espèces, et éventuellement la fertilisation.



Maïs + dolique, lac Itasy

La gestion des adventices y est aisée, ce type d'association permettant une couverture rapide du sol. De plus, la possibilité de choisir la plante associée permet de s'adapter au mieux aux conditions du milieu :

- le niébé supporte le mieux des conditions de forte humidité ;
- la dolique, à l'inverse, supporte le mieux la sécheresse grâce à la puissance de son système racinaire, et assure la plus forte production de biomasse durant la saison sèche. Elle assure également la meilleure couverture du sol grâce à ses tiges ligneuses qui se décomposent moins rapidement que celles du niébé ou du *Vigna umbellata* ;
- le *Vigna umbellata* supporte mal une forte sécheresse en fin de saison des pluies (sur *tanety*) mais est le plus résistant aux attaques d'insectes.

Enfin, la remise en culture est très facile, ces différentes espèces étant des plantes annuelles, qui finissent naturellement leur cycle et n'ont pas besoin d'être contrôlées pour le semis de la culture suivante.

Rentabilité économique



Cette association permet la production de deux cultures la même année, sans affecter le rendement du maïs. Ces systèmes sont donc très intéressants économiquement parlant, en particulier sur les sols riches où l'engrais n'est pas indispensable. De plus, les risques sont limités en cas de conditions climatiques difficiles ou d'attaques d'insectes (sensibilité différente des deux plantes à ces stress). Même dans les zones où des attaques de criquets peuvent arriver, la légumineuse assure une production. Enfin, cette association permet de réduire considérablement les coûts de main d'œuvre (préparation de la parcelle et contrôle des adventices en particulier) grâce à la forte biomasse produite.

Intérêts agronomiques de l'association







Ces systèmes permettent une forte production de biomasse aérienne et racinaire (y compris pendant la saison sèche) et sont en conséquence très performants pour amorcer la "pompe" du semis direct. L'association d'une céréale (au système racinaire assez puissant et au ratio C/N élevé) et d'une légumineuse (fixatrice d'azote, à décomposition rapide), fait que ces systèmes permettent à la fois un enrichissement (en azote et en matière organique, grâce à la diversité des apports) et la restructuration du sol. La légumineuse à cycle long permet également la remobilisation des éléments minéraux en saison sèche. La décomposition rapide de ses feuilles limite le risque de blocage d'azote en début de cycle de la culture suivante. Cette culture profitera d'une alimentation continue en éléments minéraux, du fait de la qualité diverse de la biomasse apportée par cette association la précédant.
Ces systèmes sont en particulier de très bons précédents pour les cultures de riz pluvial et de cotonnier.

Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

Ces associations peuvent également se répéter d'année en année (rotation de culture rendue possible par l'association qui rompt la monoculture). Il est cependant recommandé d'alterner la légumineuse associée pour éviter le développement de maladies, et en particulier pour le niébé qui peut être fortement attaqué.
De plus, la couverture rapide du sol permet un contrôle rapide des adventices (dont le *Striga asiatica* dans le Moyen-Ouest et le Sud-Ouest) et de l'érosion. La forte biomasse produite assure une bonne couverture végétale, qui permet très souvent une mise en culture l'année suivante sans utilisation d'herbicide dans la plupart des régions.



7.2. Succession intra-annuelle riz/vesce dans les rizières

Applicabilité

A moyenne et haute altitude, dans toutes les rizières où la nappe phréatique est accessible en saison sèche/fraiche, il est possible d'installer en contre-saison de la vesce, juste après (ou éventuellement quelques semaines avant) la récolte du riz. La vesce produit une forte biomasse en saison sèche/fraiche, utilisée pour semer directement le riz pluvial la saison suivante, dans de très bonnes conditions.

Moyenne et haute altitude

Facilité de mise en œuvre

Ce système est extrêmement simple de mise en œuvre et ne demande aucune connaissance ou matériel particulier. La seule contrainte est la disponibilité en semences de vesce.



Rentabilité économique

L'intérêt économique de ce système réside dans son très faible coût, très largement compensé par le net gain de rendement du riz qui lui succède et bénéficie du fort apport d'éléments nutritifs (azote en particulier) et du contrôle des adventices par la vesce.


Forte production de biomasse par la vesce en contre-saison, lac Alaotra

Intérêts agronomiques de la succession

La capacité de la vesce à restructurer le sol (principalement en surface, sous l'effet des racines et de la forte activité biologique), son très fort pouvoir de fixation de l'azote et son aptitude à extraire potasse et phosphore présents en très faible quantité dans le sol, font de la vesce un excellent précédent pour le riz.
La vesce est capable de dominer la plupart des adventices, y compris les adventices vivaces comme le chiendent qui aurait mal été contrôlé lors de l'installation en année "zéro". Avec son épais paillage, elle laisse une parcelle très propre, permettant une culture sans herbicide pour le cycle suivant.




Riz après vesce, lac Alaotra

De plus, elle abrite de nombreux arthropodes et insectes prédateurs de nuisibles. A Madagascar, elle permet de réduire fortement la pression des *Heteronychus sp.* et autres vers blancs, contrainte majeure à la culture du riz sur les hautes terres et à moyenne altitude.



Enfin, la vesce fournit un excellent fourrage, qu'il est possible d'exporter en partie, et est mellifère.



Comment proposer un choix de systèmes aux agriculteurs

7.3. Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

Toutes zones
< 1500 m

Applicabilité

En dessous de 1 500 m d'altitude (avec cependant une croissance plus lente entre 1 200 m et 1 500 m), le stylosanthes permet de développer des systèmes particulièrement intéressants, sur *tanety* comme sur *baiboho* et dans certaines rizières. Installé dans du manioc, il permet la restauration de sols dégradés. Installé dans du riz ou du maïs, il permet d'accroitre rapidement et durablement la production sur des sols moyennement riches.

Facilité de mise en œuvre

Facile

Le stylosanthes s'installant lentement, il fait très peu de compétition aux cultures et s'associe donc très facilement à du riz, du maïs, du manioc, etc.

En fonction de la fertilité des sols, du climat, des cultures prioritaires et de l'espace disponible, il est possible de gérer le stylosanthes dans une large gamme de cycles, d'intensité variable :

- alternance culture / stylosanthes (maïs + stylosanthes // stylosanthes // riz + stylosanthes // stylosanthes, etc.) ;
- alternance de deux années de culture et d'une année de stylosanthes (rotation maïs + stylosanthes // riz + stylosanthes // stylosanthes) ;
- culture chaque année avec stylosanthes associé et prolongeant sa croissance après la récolte (riz + stylosanthes chaque année ou rotation riz + stylosanthes // maïs + stylosanthes en climat humide ou sur *baiboho*), etc.

Possible sans intrants

La fixation d'azote en quantité par le stylosanthes permet de réduire considérablement les besoins en fertilisation sur les cultures suivantes.

Son contrôle peut se faire manuellement (par simple décapage à l'*angady*), mécaniquement et/ou chimiquement, ce qui offre une grande souplesse de gestion, pour tous les types d'exploitation. La production de semences est aisée. Il se sème à faible dose (2 à 6 kg/ha selon le mode de semis) et peut même se gérer avec un ressemis naturel.

Rentabilité économique

Les systèmes à base de stylosanthes sont très peu coûteux à mettre en oeuvre et procurent des bénéfices importants grâce à l'amélioration considérable de la production. Ils permettent aussi la mise en valeur de terres dégradées, abandonnées par les paysans (pression du striga, etc.).

Intérêts agronomiques des systèmes à base de Stylosanthes guianensis

N
Saison suivante

Structure du Sol
Saison suivante

Possible sans herbicide
Saison suivante

Riz
Saison suivante

Fourrage

Le stylosanthes (et en conséquence tous les systèmes à base de stylosanthes) présente de très nombreux intérêts, dont :

- la fixation d'azote (70 à 200 kg N/ha), l'extraction du phosphore peu soluble, le recyclage des bases et des oligo-éléments qui profitent aux cultures suivantes ;
- la production d'une forte biomasse, de qualité variée : feuilles et petites racines au ratio C/N bas, qui se décomposent rapidement, et grosses racines et tiges ligneuses au ratio C/N élevé, qui se minéralisent lentement et enrichissent le sol en matière organique ;
- la restructuration du sol par son système racinaire puissant et sa capacité à relancer l'activité biologique ;
- le contrôle total de la plupart des adventices, et en particulier du striga, du roettboelia, des borreria, etc.



Maïs + stylosanthes // riz + stylosanthes
Moyen - Ouest

En conséquence, le stylosanthes est un excellent précédent pour de nombreuses cultures, et en particulier pour le riz pluvial.

Enfin, le stylosanthes est un excellent fourrage et est, de plus, une plante mellifère.

C'est donc une plante idéale pour la conduite de systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente avec un minimum d'intrants, intégrés avec l'élevage et adaptés à tous les types d'agriculture sous les tropiques.

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Pictogrammes : Olivier HUSSON et Krishna NAUDIN
Dessins : RAMAFA Impression : NIAG Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr





Volume III

Les principales plantes de couverture utilisées à Madagascar

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON, Krishna NAUDIN,
Frank ENJALRIC, Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA,
Hasina ANDRIANASOLO, Hubert RAZAFINTSALAMA,
Christian RAKOTOARINIVO, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY





Vesce velue: *Vicia villosa*

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,
Krishna NAUDIN, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Décembre 2008

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA
TAny sy FAmpandroasana

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
Agence Française de Développement

Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Vicia villosa

Caractéristiques générales de la plante

Nom scientifique et synonymes : *Vicia villosa* Roth, *Vicia dasycarpa, Vicia unguiculata subsp. villosa, Cracca villosa, Ervum villosum, Vicia polyphylla, Vicia plumosa, Vicia reuteriana* [(1)(2)].

Noms communs : Vesce velue, Vesce de Russie, Vesce de Cerdagne, Vesce onguiculée Wollypod vetch, Hairy vetch, Sand vetch, Siberian vetch [(1)(2)(3)(4)].



Inflorescences mellifères de V. villosa

Description :

Vicia villosa est une légumineuse (famille des *Fabaceae)* herbacée, prostrée à semi-prostrée, grimpante et volubile[(1)], à tige ramifiée, anguleuse et relativement molle [(3)]. Originaire du sud de l'Europe, elle est adaptée aux climats tempérés et subtropicaux [(1)].

La plantule présente des feuilles divisées, composées et pennées. Ses deux cotylédons ne sont pas visibles (germination hypogée) [(4)].

En culture pure, son port lianaissant fait qu'elle s'affaisse et ne dépasse pas 80 cm à 1 m de haut bien que ses tiges, non lignifiées, puissent faire jusqu'à 4 m de long[(4)]. Ses feuilles sont vert tendre à vert foncé. Elles sont composées de 9 à 17 paires de follioles ovales (1 à 2,5 cm de long, 4 à 6 mm de large), opposées [(4)]. Elles se terminent par des vrilles de 2 à 3 branches, qui lui permettent de grimper sur tout support (comme des tiges de céréales) et qui font que les plants s'enchevêtrent. La plante peut paraître blanche et laineuse du fait des longs poils qui la recouvrent, en particulier sur la face inférieure des feuilles et sur les tiges.

Elle forme des inflorescences (10 à 40 fleurs), portées par des pédoncules partant de la base des feuilles. Les fleurs formant un tube font 12 à 20 mm de long et sont de couleur violette à bleu, parfois blanches [(1) (3)(4)]. La jeune inflorescence forme une crosse sur laquelle des bourgeons très velus se développent. C'est une plante autogame, pollinisée par les insectes (abeilles en particulier).

V. villosa forme des gousses brunes, plates, de 20 à 40 mm de long pour 7 à 10 mm de large, contenant 2 à 8 graines de taille variable (3,6 à 4,0 mm x 4,6 à 5,0 mm), de couleur gris foncé à noir [(3)(4)]. Le poids de 1000 grains est de 38 à 40 grammes [(5)].

Son système racinaire est composé d'un pivot central et de racines horizontales sur lesquelles se développent de nombreuses nodosités. Ce système racinaire peu puissant et peu dense fait que l'enracinement reste superficiel (30 à 90 cm [(4)]).



Racine en pivot de vesce velue

Cycle :

V. villosa est une plante annuelle en général, mais pouvant être bisannuelle voire semi-pérenne dans certaines conditions [(1)(4)]. Non photosensible, sa floraison est indéterminée et peut s'étaler sur plusieurs mois. Au lac Alaotra, semée en mars, elle fleurit d'août à octobre. Semée en début de saison des pluies (octobre-novembre), avec des températures plus élevées, elle fleurit dès mars-avril, y compris sur les hautes terres malgaches. En saison froide, son cycle (semis-maturité) est donc relativement long, pouvant atteindre plus de 8 mois. Son développement est lent au départ, mais rapide une fois la plante installée [(1) (5)].

Vicia villosa

Où recommander cette plante

Zones climatiques

Plante originaire de climats tempérés, *V. villosa* est adaptée aux zones de moyenne et haute altitude à Madagascar (> 600 m d'altitude). A moyenne altitude (600-1100 m) elle doit être cultivée de préférence en saison froide. Etant résistante au gel une fois installée (jusqu'à -5°C [4], mais elle est sensible au stade jeune) elle peut être cultivée toute l'année sur les hautes terres à condition de la semer suffisamment tôt (février à avril) pour qu'elle puisse se développer avant l'arrivée du froid. Cultivée en hiver sa croissance est lente pendant la période de basses températures, d'autant plus que la disponibilité en eau est faible. En revanche, elle se développera rapidement dès le début du printemps (septembre - octobre à Madagascar).



Elle tolère des précipitations entre 350 et 1650 mm/an, mais se développe mieux avec plus de 750 mm/an [4]. Durant la saison des pluies, elle peut souffrir d'un excès d'humidité, ce qui favorise le développement de maladies cryptogamiques auxquelles elle est sensible. *V. Villosa* tolére bien la chaleur et peut être cultivée à basse altitude, à condition que l'humidité ne soit pas trop importante (cultiver en saison sèche, avec irrigation, dans la région de Tuléar). Elle n'est pas adaptée au climat tropical humide de la côte Est, trop chaud et humide.



V. villosa *en contre-saison sur les hautes terres*

Situation (sol et régime hydrique)

* Où la recommander

V. villosa a la capacité de se développer sur des sols acides (jusqu'à pH 4,5 [5]), en présence d'aluminium, ce que peu de légumineuses fourragères supportent [1][4][5]. Elle tolère également des sols basiques, jusqu'à pH 8,2 [4].

Elle est spécialement adaptée aux sols légers (sableux, sablo-limoneux) mais peut pousser sur de nombreux types de sols, y compris des sols très argileux et peu fertiles, à condition qu'ils soient bien drainés[4].

A Madagascar, elle est recommandée sur les sols relativement riches (sols volcaniques, *baiboho*, rizières), son développement étant lent sur les sols dégradés et/ou compactés de *tanety,* d'autant plus lent que l'altitude sera élevée et les températures basses.



Mauvaise pénétration des racines sur sol compacté
Photo: Ph. Grandjean

* Où ne pas la recommander

La vesce velue se développe mal sur des sols très dégradés, produisant une faible biomasse (moins de 2 t de matière sèche/ha/an[5]).

Son système racinaire peu puissant ne lui permet pas de se développer sur des sols très compactés et elle n'aime pas les sols battants quand ils sont à nu.

Elle ne supporte pas l'engorgement et ne doit pas être recommandée sur des sols qui risquent d'être inondés ou mal drainés durant sa période de croissance.

Vicia villosa

Pourquoi recommander cette plante

V. villosa est une plante de couverture intéressante pour de nombreux aspects.

Intérêts agronomiques

Fertilité et caractéristiques du sol

Implantée avant la saison froide, *V. villosa* se développe lentement en hiver mais elle est installée et prête à produire une biomasse importante (3 à plus de 7 tonnes de matière sèche/ha/an [4][6]) dès les premiers jours du printemps. Une telle biomasse est très intéressante pour la fixation de carbone, la minéralisation durant cette période étant inférieure à l'accumulation



Production de biomasse en saison fraiche
Photo: Rakotondramanana



V. Villosa est aussi une excellente source d'azote organique. Elle est capable de fixer jusqu'à 33 kg d'azote par tonne de matière sèche [6], ce qui en fait une des plantes de couverture les plus performantes pour la fixation d'azote atmosphérique.



Forte activité biologique et restructuration du sol en surface

Avec des parties aériennes contenant 4 à 4,8 % d'azote dont 75 à 85 % proviennent de la fixation par les bactéries symbiotiques, *V. villosa* peut apporter 100 à 150 kg N/ha/an, et jusqu'à 220 kg N/ha/an [4] (soit l'équivalent de 220 à 500 kg/ha/an d'urée).

Du fait d'un rapport C/N bas (11 à 12), la décomposition de la vesce est relativement rapide, et cet azote fixé sera directement disponible pour la culture suivante.

V. villosa a la faculté d'extraire la potasse du sol même présente en très faible quantité et de la rendre disponible pour les cultures suivantes [4][6]. Dans une moindre mesure, elle est capable de recycler du phosphore.

En conséquence, les besoins en intrants, et en particulier en engrais, sont fortement réduits pour la culture suivante.



Par son système racinaire (nombreux pivots) et sa capacité à favoriser le développement de l'activité biologique, *V. villosa* a une action restructurante sur le sol, limitée cependant aux horizons de surface.



La forte fixation d'azote et la capacité à restructurer le sol en font un très bon précédent pour le riz et les céréales en général.

V. villosa est relativement résistante à la sécheresse et peut se développer dans des conditions de faibles précipitations (la production de biomasse aérienne est ralentie mais son système racinaire continue de se développer).

Supporting relativement bien d'être à l'ombre [4], elle peut être installée sous une culture, ou dans des vergers.



Tolérance à la sécheresse
Photo: K. Naudin



Adventices

Par sa croissance rapide, sa capacité à grimper sur les autres plantes, sa forte compétition pour la lumière, l'eau et

Vicia villosa

les éléments nutritifs, la vesce est capable de dominer de très nombreuses adventices.

Elle a également la capacité d'exsuder par les racines un composé (Beta-(3-isoxazolinonyl) alanine) qui a des effets allélopathiques sur diverses graminées (mais aussi les laitues, les pois et les choux) [4][6]. Ces facultés et son cycle (hiver et printemps) font de *V. villosa* une excellente plante de couverture pour disposer de parcelles propres en début de saison des pluies. Pouvant être maîtrisée par fauchage ou roulage, elle permet ainsi la culture sans herbicide.



De plus, l'absence de labour et le contrôle naturel des adventices font que les systèmes utilisant la vesce nécessitent peu de travail.

Activité biologique et insectes

V. villosa abrite de nombreux arthropodes du sol et insectes prédateurs d'insectes nuisibles, comme des coccinelles (*Colleoptera, Coccinellidae*), des punaises (*Orius sp.* et *Anthocoris sp.*) ou des chrysopes (*Chrysoperla rufilabris*) qui se nourrissent d'insectes phytophages (aphides, thrips, petites chenilles, cicadelles, etc.) [4][6].



A Madagascar, elle permet de réduire fortement la pression des *Heteronychus sp.* et autres vers blancs, contrainte majeure à la culture des céréales sur les hautes terres et à moyenne altitude. Elle est ainsi un très bon auxiliaire dans la lutte raisonnée contre les insectes.



Fourrages et production animale



V. Villosa est un excellent fourrage qui permet d'améliorer les rations des animaux à une période de faible disponibilité en fourrage, pendant la saison froide.



Mellifère, la vesce est intéressante pour sa floraison longue, intervenant à une période où l'absence de fleurs affaiblit les abeilles.

Intégration dans les systèmes de cultures.

Cultures possibles en association ou succession

Sur les *tanety, V. villosa* peut être semée dans le riz (sur sol non engorgé), avant même la récolte pour permettre une bonne implantation avant la fin des pluies et/ou l'arrivée de la saison froide. Sur les hautes terres où les températures restent peu élevées en saison des pluies, la vesce peut être associée au maïs.

Dans les rizières, *V. villosa* peut également être associée en contre-saison avec les céréales d'hiver (blé, orge, avoine, etc.), à condition de bien gérer l'espacement pour éviter la compétition (deux rangs de la céréale espacés de 20 cm pour un rang de vesce, 30 cm entre la céréale et la vesce). Après récolte de la céréale, les tiges serviront de tuteurs à la vesce en pleine croissance.

Pour produire un revenu en plus de la couverture végétale, la vesce peut être associée à des légumineuses alimentaires à cycle très court comme le haricot ou le petit pois.

Elle peut aussi être associée à des graminées fourragères, comme le Ray grass (*Lolium multiflorum*) qui lui servira également de tuteur.

Comme plante de couverture, elle peut être mélangée à diverses annuelles, comme le lupin (*Lupinus albus*), l'avoine (*Avena strigosa* ou *Avena sativa*) et/ou le radis fourrager (*Raphanus sativus*), l'association de plusieurs familles de plantes permettant d'assurer des fonctions écologiques diverses (structure du sol, fixation d'azote, recyclage d'éléments nutritifs, contrôle des adventices et des insectes, etc.). L'association avec l'avoine noire (*Avena strigosa*) est particulièrement intéressante, l'avoine n'étant pas sensible aux nématodes des racines et servant de tuteur à la vesce.



Mélange Vesce - Lupin - Avoine

Vicia villosa

V. villosa peut aussi être utilisée en plante de couverture dans les vergers, en prenant garde toutefois à la rabattre dans le cas où elle grimperait sur les arbres et entrerait compétition avec eux.



Riz pluvial après vesce en rizière à mauvaise maîtrise de l'eau

Cultures possibles en rotation

V. villosa, par la forte quantité d'azote qu'elle restitue à la culture suivante est un bon précédent des céréales, en particulier du riz et du maïs, et des cultures exigeantes.

Il faut cependant faire attention dans le cas de rotation avec le cotonnier, *V. villosa* pouvant être une source d'infestation par les nématodes, en particulier *Rotylenchulus reniformis* qui peut faire des dégâts importants sur la culture commerciale [4].

De plus, *V. villosa* a des effets allélopathiques marqués sur les laitues, les pois et les choux, qui ne doivent pas lui succéder, d'autant plus que *V. villosa* est aussi un vecteur de *Sclerotinia minor* et peut leur transmettre cette maladie fongique [6].

Facilité de gestion



L'utilisation de la vesce en couverture est simple et facile à maîtriser. Pouvant être contrôlée par une simple fauche à la floraison, elle ne demande ni connaissances, ni matériel, ni intrants particuliers. Elle peut aussi être contrôlée à l'herbicide, ce qui permet de réduire les temps de travaux si nécessaire.

A Madagascar, *V. villosa* nodule naturellement, et il n'est en général pas nécessaire de recourir à une inoculation. Dans le cas où elle ne nodulerait pas, il est possible de l'inoculer avec un inoculant pour pois/vesce [6], de type "C" (Nitragin Co.) [4].

Enfin, il est possible de la gérer de manière à ce qu'elle se réimplante naturellement (ressemis naturel) pour maintenir une couverture vivante permanente dans des vergers.

Les risques qu'elle devienne une adventice sont très faibles du fait de son cycle, de ses exigences et de sa production limitée de graines. Elle n'est pas considérée comme une plante envahissante [6]. De plus, dans les parcelles de culture, elle est en général contrôlée (pour servir de couverture végétale) avant qu'elle n'ait produit des graines.

Intérêts économiques

Bien que n'étant pas une culture commerciale, *V. villosa* a cependant des attraits économiques considérables:

* sa fixation d'azote qui permet de réduire fortement les besoins en engrais minéraux pour les cultures suivantes,



Forte fixation d'azote par les nodosités

* la préparation, avec très peu de travail et sans investissement (ni matériel, ni intrants), de parcelles bien structurées et sans adventices, ce qui permet d'éviter labour et préparation mécanique du lit de semis, très exigeants en travail et coûteux,

* le contrôle naturel de la plupart des adventices qui permet de supprimer les herbicides dans les cultures

* la possibilité d'exporter partiellement du fourrage de qualité, à une période de faible disponible fourrager, ce qui peut être très intéressant en zone d'élevage laitier.







Intérêts environnementaux

Les principaux intérêts environnementaux de la vesce sont:

* son aptitude à favoriser un retour rapide des prédateurs naturels d'insectes phytophages et donc de permettre de retrouver un équilibre

Vicia villosa

écologique et de limiter l'utilisation de pesticides, et

* la forte fixation d'azote organique.

Elle peut également être utilisée en couverture anti-érosive.

Précautions et limites

La principale limite à l'utilisation de *V. villosa* est la production de semences. Du fait de son cycle long, la production de semence se fait tardivement et la mise en place d'une culture après récolte de la vesce ne peut se faire qu'après les meilleures périodes de semis. Il est donc nécessaire de produire les semences dans une parcelle mobilisée dans ce but unique.

Un autre limite à l'utilisation de la vesce est le fait qu'elle puisse être un hôte pour un trentaine d'espèces de nématodes parasites des plantes, dont *Meloidogyne spp., Paratylenchus spp, Pratylenchus spp* et *Rotylenchulus spp*[4]. Outre la baisse de production de biomasse de la plante de couverture, cette sensibilité aux nématodes fait que la vesce peut être un relais et favoriser le développement de nématodes parasites et entraîner ainsi une baisse de production sur les cultures suivantes.



Attaques de nématodes sur racines



Limaces sous couvert de vesce
Photo : K. Naudin

Associée à une culture commerciale où dans les vergers, elle peut entrer en compétition (pour l'eau en particulier) et grimper sur la culture principale. En association, il est nécessaire d'ajuster les dates de semis et les espacements de manière à éviter cette compétition.

Sa décomposition étant assez rapide en saison chaude, une couverture importante est nécessaire pour contrôler les adventices jusqu'à la fin du cycle de culture suivant.

Elle peut servir d'habitat à des petits mammifères (rongeurs) [4], et crée un environnement favorable au développement des limaces, qu'il est important de contrôler dès leur apparition.

Enfin, si les feuilles et les tiges de *V. villosa* constituent un excellent fourrage, ses graines ne sont pas comestibles par les animaux et peuvent causer un empoisonnement entraînant douleurs et convulsions [4].

Variétés et espèces recommandées

Deux espèces de vesce sont cultivées à Madagascar : *Vicia sativa* et *Vicia villosa*. La première est moins résistante au froid et au gel, produit une biomasse généralement moins importante, et a des besoins en eau supérieurs à *V. villosa* (variété importée du Brésil) qui est recommandée.

Gestion de la plante

Comment l'implanter

L'implantation de la vesce se fait par semis.

Quand et comment semer

Sur les hautes terres, il est important de semer la vesce suffisamment tôt pour qu'elle se soit bien implantée avant l'arrivée du froid, afin de maximiser la production et d'éviter tout risque de gel.



Semis de vesce en rizière après récolte du riz

Vicia villosa



Jeune plant de vesce sur paillage

A moyenne altitude, il est également important de semer la vesce le plus tôt possible pour qu'elle puisse s'implanter avant la fin de la saison des pluies.

Sur tanety, le semis doit se faire dans la culture précédente (riz, soja, maïs, etc.) en février-mars. Si la culture en place le permet, il peut se faire en lignes (espacées de 20 à 30 cm) ou en poquets (20 cm x 30 cm, 2 à 4 grains par poquet, soit 15 à 25 kg/ha) entre les lignes de la culture principale. Si la culture est trop dense, le semis de la plante de couverture se réalise à la volée (30 à 40 kg/ha).

Dans les rizières, le semis peut se faire dans la culture de riz en place, dès que la parcelle s'est ressuyée et que les risques d'engorgement sont faibles. Dans le cas de parcelles bien drainées (il est recommandé de réaliser un petit drain autour des parcelles), on peut ainsi semer dès le mois de février ou mars.



Implantation de vesce dans le maïs

Sur les riches sols de rizière, la croissance de la vesce est rapide et importante et la densité de semis peut être fortement réduite par rapport aux tanety. A la volée, dans une culture en place, une densité de semis de 10 à 20 kg/ha est suffisante (voire même 5 kg/ha sur des sols très riches, semés tôt). En poquets, un espacement de 40 x 40 cm (2 à 3 grains par poquet) soit 5 à 8 kg/ha permettra également d'obtenir une couverture importante.

Dans le cas de semis en ligne ou en poquets, les graines sont légèrement enfouies (1 à 2 cm de profondeur). Un enfouissement plus profond (jusqu'à 4 à 5 cm) est possible mais retarde l'émergence et ne doit pas être fait tardivement [4].

Dans les rizières après la récolte du riz, si le sol s'est asséché en surface, il est possible de travailler l'emplacement du poquet afin de localiser la graine dans un sol suffisamment humide, à 5 à 10 cm de profondeur, en ne la recouvrant que de 1 à 2 cm de terre.

Traitement des semences

V. villosa ne nécessite pas de traitement de semence particulier. Comme pour toutes les légumineuses, il est cependant recommandé d'effectuer un traitement anti-fongique des semences au Thirame (2 g matière active/kg de semences, à appliquer après trempage dans l'eau), pour un coût très modique.

Fertilisation

V. villosa est une légumineuse, relativement exigeante et qui nécessite, pour une bonne nodulation, un bon équilibre en soufre et des oligo-éléments (fer et molybdène en particulier) [6].



Un apport d'engrais (phosphore en particulier) sur cette plante de couverture peut lui permettre de produire une forte biomasse, de fixer de l'azote en grande quantité et de mobiliser d'autres éléments nutritifs pour la culture suivante. Il est cependant très difficile à réaliser dans les conditions de l'agriculture malgache (coût élevé des engrais, possibilités d'investissement très faibles, coût du crédit élevé d'autant plus qu'il faudrait apporter l'engrais près d'un an avant la récolte de la culture). Il peut toutefois se justifier dans le cadre d'une utilisation comme fourrage dans les zones d'élevage laitier, qui procure des revenus réguliers.

Pour une implantation rapide et vigoureuse (à un coût très modique), la pél-

Vicia villosa

létisation avec du phosphate naturel (type guano) ou du thermophosphate est recommandée, à raison de 200 g de phosphate par kg de semence. Cette pélletisation est indispensable sur sols très acides.



Contrôle des adventices par la vesce

Gestion de l'enherbement

Grâce à sa vigueur au démarrage, sa croissance rapide dès la fin du froid, sa capacité à grimper sur les autres plantes, sa compétitivité pour l'eau et les éléments nutritifs, et son aptitude à sécréter des substances allélopathiques, la vesce est une excellente plante "nettoyante", capable de dominer la plupart des autres plantes. Elle ne demande donc aucun entretien particulier, d'autant plus qu'elle est souvent cultivée en saison froide, quand la croissance des plantes est de manière générale très limitée. Elle permet en particulier de contrôler des plants de *Cynodon dactylon* qui n'auraient pas été éliminés par traitement à l'herbicide.

Protection phytosanitaire en végétation

Divers insectes peuvent occasionner des dégâts sur *V. villosa* : *Acyrthosiphon pisum* (Aphide du pois), *Heliothis zea* (Noctuelle), *Spodoptera frugiperda* (Légionnaire), etc. [1]. Les graines de *V. villosa* peuvent également être attaquées par *Bruchus brachialis* (Bruche), ce qui limite le ressemis naturel [1].

Pour une forte production de biomasse et surtout si l'on veut produire des semences en quantité, le traitement pendant toute la période de floraison (Cypermethrine : 240 g/l à 0,25 l/ha soit 60 g/ha de matière active tous les 10 à 15 jours) est recommandé.

Production de semences / Récolte



Graines de V. villosa

La maturité des graines de *V. villosa* n'étant atteinte qu'en début de saison des pluies (novembre-décembre à Madagascar), la récolte de semences de vesce dans une parcelle entraîne un retard important pour la mise en place d'une culture de saison. Il est donc nécessaire de réserver une parcelle pour la production de semences, ce qui permettra également de la gérer différemment afin de favoriser la production de graines plutôt que de biomasse.

Les parcelles semencières de *V. villosa* doivent être semées avec une densité plus faible que pour la production de biomasse (environ la moitié, soit 5 à 20 kg/ha en fonction des situations) et il est préférable que la plante soit associée à des plantes servant de tuteur (cajanus, lupin, avoine par exemple). Une telle pratique permet d'avoir une meilleure circulation d'air et de lumière, ce qui favorise la floraison [5].



Production tardive de gousses

Un traitement contre les insectes est en général nécessaire à la floraison (Cypermethrine : 240 g/l à 0,25 l/ha soit 60 g/ha de matière active).

Les gousses de vesce étant déhiscentes (elles s'ouvrent seules), la récolte doit être réalisée quand 60 à 70 % des gousses sont à maturité [5]. En récolte manuelle, il est possible d'effectuer plusieurs passages. La production de semence varie de 300 à 600 kg/ha en culture pure et de 700 à 1 000 kg/ha quand la vesce est cultivée avec des plantes servant de tuteurs [5].

Avec une production moyenne de 500 kg/ha, il faut une surface de 400 m^2 pour produire les semences nécessaires à semer un hectare à

Vicia villosa

la densité moyenne de 20 kg/ha.

Les semences doivent être soigneusement séchées et stockées dans un endroit frais, à l'abri de la chaleur [5]. Dans ces conditions, elles peuvent être conservées quelques années.



Utilisation comme fourrage

V. villosa est un excellent fourrage qui peut être utilisé en frais ou légèrement préfané (de préférence), en foin ou en ensilage. Comme de nombreuses vesces, elle est amère quand elle est verte et est mieux appétée quand elle est sèche [6].

Un foin de qualité optimale est obtenu en fauchant la vesce en pleine floraison [6].

La pâture est possible, mais ne doit pas être trop intensive ni trop rase (plus de 25 cm) afin de laisser en place les boutons axillaires d'où repartiront des pousses.

V. villosa est une source importante de protéines et de minéraux :

Protéines Digestibles : 135 - 180 g/kg; Digestibilité : 56 - 60%; Fibres : 32 - 37% [1]; Matières azotées totales : 24 %; Unités Fourragère Lait : 0.71/kg de matière sèche; Cellulose : 88 % [7]

Comme tous les fourrages très riches, la vesce doit être donnée en mélange avec des fourrages moins riches (graminées) pour éviter les risques de météorisation (accumulation de gaz dans l'abdomen). Un excellent mélange est obtenu avec de l'avoine.

Utilisation comme couverture végétale

Par son cycle hivernal, *V. villosa* fournit une importante biomasse fraîche au début de la saison de culture principale. Elle est en général en pleine floraison au moment où la parcelle doit être préparée (octobre-novembre), ce qui pose problème pour la production de semence mais est un avantage pour son contrôle et son utilisation en couverture végétale. En effet, à ce stade la vesce peut être contrôlée par une simple fauche au ras du sol. Il suffit ainsi de soulever le tapis végétal qu'elle constitue et de sectionner les pivots (à l'angady ou au coupe -coupe) et d'avancer en enroulant ce tapis, puis de le remettre en place une fois la fauche terminée.



Paillage épais de vesce



Riz pluvial après Vesce. Décomposition rapide de la couverture
Photo: Rakotondramanana

L'emploi d'herbicide pour le contrôle de *V. villosa* pour préparer une couverture végétale permet de réduire considérablement le temps de travail. Il a aussi pour avantage de permettre le contrôle de plantes adventices qui auraient pu se développer dans la vesce, en particulier quand la production de biomasse de *V. villosa* est restée faible (semis tardif, sols dégradés, divagation d'animaux, etc.).

On peut ainsi traiter la vesce :

* au glyphosate (1080 g matière active/ha), ce qui permettra de contrôler par la même occasion de nombreuses adventices, pérennes ou annuelles, en particulier les graminées,

* au 2,4-D (720 à 1080 g matière active/ha), pour un coût plus faible et le contrôle d'une flore adventice à feuilles larges,

* avec un mélange des deux (720 g matière active/ha de glyphosate +720 g matière active/ha de 2,4-D) ou éventuellement,

* au paraquat (600 g matière active/ha), pour un dessèchement rapide

Vicia villosa

de la plante en cas de retard dans la préparation de la parcelle, devant cependant être utilisé avec précaution étant donné la nocivité du produit.

Le contrôle de la vesce peut également se faire plus rapidement que par fauche manuelle, et sans herbicide, par le passage d'un rouleau à cornière à la floraison, ce qui est en général suffisant pour un bon contrôle. Dans certaines situations (humidité permanente dans les parcelles basses par exemple), il se peut cependant que la vesce ne soit pas totalement contrôlée par un simple passage de rouleau et que l'utilisation d'un herbicide soit alors nécessaire, mais à dose réduite (360 g matière active/ha de glyphosate +360 g matière active/ha de 2,4-D). Le passage de rouleau préalablement à la pulvérisation d'un herbicide présente aussi l'avantage de tasser le mulch et de faciliter le semis.



Vesce avant riz pluvial au mois d'octobre Lac Alaotra

Dans tous les cas, la préparation de la parcelle doit se faire une à deux semaines avant la date de semis estimée. Il faut en effet laisser à la vesce le temps de se développer au maximum, sa production de biomasse étant forte au printemps, et ne pas la contrôler trop tôt pour optimiser son action d'étouffement des adventices, la couverture de vesce se dégradant relativement rapidement. Il faut cependant préparer la couverture de vesce suffisamment tôt pour que le mulch puisse se tasser, ce qui facilitera le semis, et pour que les processus de minéralisation soient suffisamment avancés pour éviter les risques de blocage d'azote en début de cycle de la culture.

Le semis de la culture dans la couverture de vesce se fait en déplaçant la paille le moins possible. Il suffit d'ouvrir un petit trou pour mettre les graines dans le sol, sans remonter de terre au dessus de la paille. Il faut s'assurer de bien localiser les semences dans le sol et non en surface, dans la couverture, surtout si cette couverture est très importante et que le mulch n'est pas encore tassé. Ce semis peut se faire simplement avec une petite *angady* ou un bâton, ou encore avec une canne planteuse, une roue semeuse ou un semoir mécanisé (qui ouvre alors un petit sillon dans la couverture végétale).



Références bibliographiques utilisées pour cette fiche technique

(1) Site internet FAO Grassland:
http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/mainmenu.htm

(2) Tela botanica: base de données nomenclaturale de la flore de France. Benoit Bock. http://www.tela-botanica.org

(3) Site internet Hyppa. Unité de malherbologie et agronomie INRA Dijon. Fiche *Vicia villosa*. http://www2.dijon.inra.fr/hyppa/hyppa-f/vicvi_fh.htm

(4) UC SAREP Online Cover Crop Database. Complete crop summary of hairy vetch. Sustainable Agriculture Research and Education Program, University of California, Davis : http://www.sarep.ucdavis.edu/cgi-bin/CCrop.exe/show_crop_21

(5) Florentin, M.A.; Peñalva, M.; Calegari, A. y Derpsch, R. 2001: "Abonos verdes y rotacion de cultivos en siembra directa. Pequeñas propriedades". Proyecto "Conservacion de suelos" MAG-GTZ. San Lorenzo. Paraguay 84 p.

(6) Smith, J. and Valenzuela, H. 2002. "Wollypod vetch". Sustainable agriculture green manure crops Aug. 2002 SA-GM 13, College of Tropical agriculture and human resources, University of Hawaii, Honolulu.

(7) Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières. Guide pour les hautes terres de Madagascar. 2008. Ouvrage collectif GSDM/TAFA/FIFAMANOR/MAEP/CIRAD/ARP/SICALAIT/ARIAL/Région Réunion.
http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/GreenManureCrops/woollypodvetch.pdf

Vicia villosa

En résumé

✓ Légumineuse annuelle (cycle long de 7 à 8 mois), rampante et grimpante, volubile

✓ Plante de climat tempéré, cultivable toute l'année sur les hautes terres, en contre-saison uniquement à moyenne (ou basse) altitude

✓ Résistante au gel une fois installée

✓ Adaptée à de nombreux types de sols, en particulier aux sols acides, à condition qu'ils soient bien drainés



✓ Faibles besoins en eau

✓ Très forte fixation d'azote (100 à plus de 200 kg N/ha dont 75 à 85 % sont fixés)

✓ Recycle la potasse (et le phosphore) et les rend accessibles aux cultures suivantes

✓ Cycle long, en contre-saison, ce qui permet de disposer d'un important couvert végétal en début de saison des pluies.



Association vesce + avoine

✓ Forte production de biomasse (jusqu'à plus de 7 t/ha), avec croissance très rapide dès les premières chaleurs du printemps

✓ Forte fixation de carbone et bonne restructuration du sol (horizons de surface)

✓ Elimine les adventices (compétition, ombrage et effets allélopathiques)

✓ Excellent précédent du riz

✓ Contrôlé par simple fauche à la floraison, ce qui permet la remise en culture en SCV sans herbicide

✓ Facile à gérer, ne demandant pas de moyens ou de connaissances particulières

✓ Attractive de nombreux insectes prédateurs des insectes phytophages et au contraire permettant de réduire la pression d'insectes du sol ravageurs du riz (*Heteronychus sp.*)

✓ Excellent fourrage

✓ Mellifère

mais :

× Pas adaptée au climat tropical chaud et humide

× Pas adaptée aux sols très dégradés et/ou compactés



× Ne supporte pas l'engorgement ou la submersion

× Production de semences nécessitant l'immobilisation d'une parcelle (cycle long)

× Faible production de biomasse en période froide

× Sensible aux nématodes et pouvant contribuer à leur développement sur la culture suivante



Production de biomasse en saison froide

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON
Dessins: RAMAFA Impression: NIAG



Stylosanthes guianensis

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,
Krishna NAUDIN, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Juin 2008

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

TAFA TAny sy FAmpandroasana

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

afd Agence Française de Développement

mae p Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Stylosanthes guianensis



Inflorescences mélifères

Caractéristiques générales de la plante

Nom scientifique et synonymes : *Stylosanthes guianensis, Stylosanthes guyanensis, Stylosanthes gracilis, Trifolium guianense*

Noms communs : Stylosanthes, Stylo, luzerne tropicale, luzerne du Brésil

Description :

Stylosanthes guianensis est une légumineuse (famille des Fabaceae) herbacée, érigée à semi-érigée, non volubile, originaire d'Amérique du Sud. Il forme de petits buissons (1 m à plus de 1,8 m), aux feuilles trifoliolées de 0,5 à 5 cm de long, lancéolées, vert tendre à vert foncé. Les tiges sont velues et se lignifient par la base. Ses fleurs caractéristiques sont d'un jaune intense à orangé et peuvent être striées de rouge. Ses graines, très petites (1,5 à 2 mm, poids de 1000 grains: 3 à 4 g.), de couleur brun clair mais pouvant varier de jaune à noir, sont protégées dans des "têtes" (capitules). Environ 70 % des graines sont dormantes, et elles peuvent se conserver jusqu'à trois ans dans le sol.[1][2][3]

Son système racinaire est composé de nombreuses racines, avec un pivot principal et des racines secondaires rondes concentrées à 80 % dans les 20 premiers centimètres du sol[2], et sur lesquelles se développent des nodosités en abondance. Il est puissant pour une légumineuse, pouvant descendre jusqu'à plus de 1,5 m pour les pivots principaux. Il ne présente ni rhizomes, ni stolons. Il peut s'enraciner à partir des tiges couchées sur le sol qui émettent des racines.

Cycle :

Stylosanthes guianensis est une espèce pérenne, de durée de vie assez courte (3 ans environ). Il se multiplie par graines. La germination est lente et la croissance est assez lente durant les premiers mois (temps nécessaire au développement des nodosités) mais son caractère pérenne et sa forte production de biomasse lui permettent de dominer les adventices.

Plante photopériodique de jours courts (moins de 12 h environ[1] [2]), il fleurit en mai-juin à Madagascar (mars à mai en Malaisie[2], janvier-février au nord du Nigeria[2], octobre-novembre au nord du Vietnam). La floraison est plus précoce aux latitudes élevées que proche de l'équateur. Les inflorescences ne sortent pas toutes en même temps et la floraison est étalée dans le temps[2]. En situation de stress (sécheresse, etc.) la floraison peut être avancée et plus importante.

Les feuilles restent vertes durant la saison sèche. S'il n'est pas coupé, il s'affaisse et de nouvelles pousses démarrent des tiges couchées au sol[2].

Où recommander cette plante?

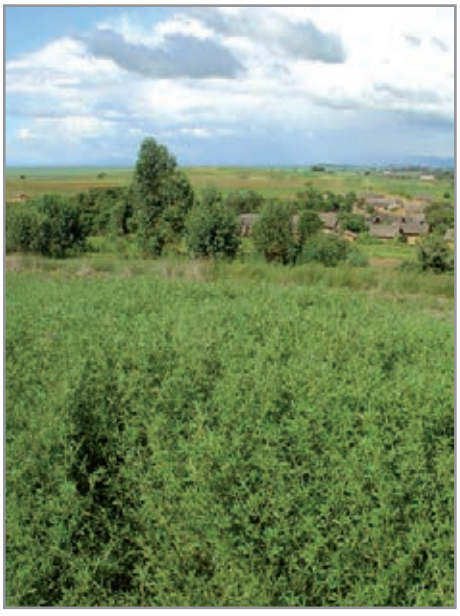
Zones climatiques

Toutes zones

Stylosanthes guianensis est une plante adaptée à toutes les zones climatiques de Madagascar, de 0 à 1600 m d'altitude, sous toutes les latitudes (20°N à 32 ° S[1]), de 600 mm à plus de 3 000 mm de pluies. Il se comporte particulièrement bien en climat tropical humide et en climat de moyenne altitude, même avec une saison sèche marquée.

Il supporte les climats tempérés d'altitude non gélifs, sa production de biomasse y étant cependant limitée car réduite durant la saison froide. A Madagascar, au dessus de 1 000 m (sur sol pauvre) à 1200 m (sur sol riche), sa production de biomasse en une saison n'est en général pas suffisante et il devra être laissé une année supplémentaire avant de pouvoir être utilisé pour remise en culture en semis direct.

Il supporte également les climats semi-arides à condition de pouvoir développer rapidement ses racines en profondeur, sur des sols avec une réserve en eau suffisante.



Stylosanthes sur tanety, *Lac Alaotra*

Stylosanthes guianensis

Situation (sol et régime hydrique)

* Où la recommander

Stylosanthes guianensis est particulièrement bien adapté aux sols acides (pH optimum entre 4,5 et 6, capable de noduler à pH 4) mais se développe également sur sols volcaniques. Eviter cependant les sols très basiques (pH >8,3) [(1)(2)(3)].

Il est une des rares légumineuses à bien se développer sur sols très peu fertiles (en partie grâce à une association avec des mycorhizes) et très acides (grâce à sa capacité à extraire le phosphore). Il présente également une très bonne tolérance à l'aluminium et au manganèse.

De plus, son système racinaire puissant lui permet de bien se comporter sur des sols compactés.

Il se développe également très bien sur sols de fertilité modérée et sur des sols riches (type *baiboho*) sur lesquels il produit une très forte biomasse (jusqu'à 20 t/ha de matière sèche pour les parties aériennes).

Il se développe moyennement sur les sols très lourds (argiles à Montmorillonite) et préfère les sols aérés[(1)(2)].

Il tolère un engorgement temporaire et peut également être installé sur sols hydromorphes (non inondables).



Forte production de biomasse et contrôle des adventices, Sud-Est

La variété CIAT 184 supporte des inondations de quelques jours si la plante est suffisamment développée et peut être installée dans les bas-fonds du Sud-Est quand ceux-ci ne risquent pas d'être submergés longuement.

Ces caractéristiques font qu'il peut être proposé pour pratiquement tous les types de sols et toutes les unités de paysage rencontrés à Madagascar.

* Où ne pas la recommander

Comme de nombreuses légumineuses, *Stylosanthes guianensis* supporte mal l'inondation prolongée et ne doit pas être installé en zone submersible.

Peu résistant au gel (il perd ses feuilles à 0°C et est tué en dessous de -2,5°C[(2)]), le stylosanthes n'est pas recommandé au dessus de 1600 m d'altitude, d'autant plus que sa croissance y est très lente (quasiment nulle au dessous de 15°C).



Système racinaire puissant

Pourquoi recommander cette plante?

Stylosanthes guianensis présente de nombreuses qualités :

Intérêts agronomiques

Stylosanthes guianensis est capable de produire une forte biomasse même sur des sols dégradés et sans engrais (5 à 10 t/ha de matière sèche, et jusqu'à 20 t/ha[(1)] sur sol riche), ce qui permet de préparer la biomasse nécessaire au semis direct pour les années suivantes.

Il est capable de dominer les adventices (toutes les adventices annuelles dont *Striga asiatica, Rottboelia exaltata, Borreria alata* et *Boerhavia diffusa* et de nombreuses adventices pérennes comme *Imperata cylindrica*) ce qui réduit très fortement les besoins de désherbage dans la culture suivante, et ce d'autant plus que ses nombreuses tiges ligneuses se conservent longtemps.



Il peut être contrôlé sans herbicide, par simple fauche au ras du sol en saison sèche.

Stylosanthes guianensis est une légumineuse qui fixe de fortes quantités d'azote (70 à plus de 200 kg/ha/an d'azote[(1)(2)]), nodule naturellement sans nécessiter d'inoculation, et est capable de recycler bases (en particulier le calcium[(2)]) et oligo-éléments (B, Cu, Zn et surtout Mn, qui est souvent déficient en semis direct sous forte pluviométrie), les rendant accessibles à la culture suivante. Il permet donc d'enrichir rapidement les sols. Il est aussi capable d'extraire le phosphore de milieux qui en sont pauvres[(1)(2)].



Stylosanthes guianensis

Structure du Sol
Saison suivante

Riz
Saison suivante

Ses tiges ligneuses et ses grosses racines se minéralisent lentement, alors que les feuilles et les petites racines riches en azote (au rapport C/N bas) se minéralisent rapidement, permettant une alimentation continue des plantes cultivées sur couverture de stylosanthes.

Son système racinaire puissant lui permet d'améliorer progressivement la structure des sols compactés, même en profondeur (bien que de manière moins rapide que des graminées).

Le stylosanthes permet donc de mobiliser de la fertilité pour les cultures là où elles ne poussent pas et de contrôler les mauvaises herbes, ce qui en fait une excellente plante de couverture. C'est en particulier un très bon précédent pour le riz.

Il a également l'avantage de ne pas faire de compétition importante quand il est associé à une culture et de ne pas être une plante envahissante : même si les semences peuvent être emportées par les animaux ou l'eau, le risque qu'il devienne envahissant est très réduit.



Implantation du stylosanthes en association avec du riz pluvial



Stylosanthes sur sol pauvre (sable roux, Androy) après 10 mois sans pluie. Les tiges maintiennent les feuilles au sol

Fourrage

De plus, *Stylosanthes guianensis* est un excellent fourrage qui permet d'améliorer les rations des animaux tout au long de l'année et en particulier durant la saison sèche.

Restant vert très longtemps durant la saison sèche, il est peu sensible au feu. En cas d'incendie sévère, il sera détruit mais il pourra reprendre à partir des graines tombées au sol (dont la dormance est levée par le feu[2]).

Mellifère, il est particulièrement intéressant dans le Sud-Est de Madagascar, sa floraison intervenant à une période où l'absence de fleurs affaiblit les abeilles, juste avant la floraison du litchi dont le miel procure d'intéressants revenus.



Enfin, ses tiges ligneuses et entremêlées protègent les feuilles tombées au sol ce qui permet d'éviter que la biomasse ne soit emportée, même dans les zones très ventées.

Intégration dans les systèmes de cultures.

Cultures possibles en association ou succession

Son démarrage relativement lent fait que le stylosanthes peut être facilement associé à de nombreuses cultures sans risque de leur faire concurrence. Sa capacité à se développer durant une partie de la saison sèche et d'utiliser toutes les pluies permet de décaler son implantation par rapport à la culture principale si nécessaire.

Il peut ainsi être associé à des cultures comme le riz ou le maïs sur des sols riches ou fertilisés, ou du manioc ou du pois de terre sur des sols pauvres. Il peut aussi être associé à des graminées (type *Brachiaria sp.)* dans un pâturage pérenne.

Moyennement tolérant à l'ombrage, il peut cependant être utilisé en couverture vive des vergers, en le maîtrisant par fauche manuelle ou mécanisée (rotovator) sur les lignes d'arbres.



Association Manioc + Stylosanthes guianensis

Stylosanthes guianensis

Cultures possibles en rotation

Par sa capacité à enrichir et restructurer les sols et à contrôler les adventices, *Stylosanthes guianensis* est un excellent précédent pour toutes les cultures : riz et maïs en particulier bénéficieront largement de ces effets, en premier lieu de l'apport d'azote. Le riz cultivé après stylosanthes est en général particulièrement sain. La culture de légumineuses est également possible (soja, etc.). Eviter cependant l'arachide qui n'est pas très belle après stylosanthes.

Pour que la culture puisse profiter de ces effets bénéfiques, il faut cependant que le stylosanthes se soit suffisamment développé, ce qui peut prendre plus d'une année en conditions défavorables (sols très dégradés, climat subtropical avec saison froide, climat semi-aride, etc.).



Riz pluvial (Sebota 68) sur paillage de Stylosanthes guianensis

Facilité de gestion

Un autre atout du *Stylosanthes guianensis* est qu'il est très facile à gérer et offre une grande souplesse sur les calendriers et les rotations de culture en semis direct :



* En cas de développement insuffisant la première année, il peut être laissé en jachère améliorée (ou pâturage). On peut aussi y implanter du manioc (et même du maïs en altitude où le stylosanthes se développe lentement), en le contrôlant simplement (sans le tuer). Cela permettra au stylosanthes de se développer et de produire une forte biomasse tout en produisant des grains ou des tubercules et donc sans immobiliser la terre pendant une saison.

* Si le stylosanthes s'est développé rapidement, il peut être remis en culture directement après une période de croissance relativement courte (5- 6 mois). Toutefois, en cas d'impossibilité de remise en culture (accident, maladie, manque de moyens, etc.) il peut être laissé en place une ou plusieurs années ce qui permettra l'enrichissement du sol, la production d'une biomasse très importante et l'utilisation éventuelle pour l'alimentation animale.



* Son contrôle pour remise en culture en semis direct se fait sans herbicide (et donc sans besoin de connaissance particulière, ni problème de financement ou d'approvisionnement). Il suffit pour cela de soulever le tapis végétal et de sectionner au ras du sol les pivots peu nombreux avec un outil traditionnel *(angady)* durant la saison sèche (et donc à une période où la force de travail est en général disponible).

* Il est une des rares légumineuses tolérant le 2,4-D (mais seulement à partir de 6 à 8 semaines)[(1)].

* En cas de compétition avec la culture principale (mauvais calage de cycle, faible croissance de la culture sur sol pauvre, etc.), le stylosanthes peut être facilement fauché (et éventuellement utilisé pour l'alimentation des animaux).

* La multiplication de semences est très facile, dans la plupart des conditions climatiques (particulièrement facile avec une saison sèche) et de sol. Seule l'altitude réduit fortement sa production de graines. De plus, les quantités nécessaires pour le semis sont faibles (2 à 6 kg/ha).

* Il peut également être multiplié par boutures, à conditions que les pluies soient suffisantes au moment de l'installation.

* Si on le laisse grainer, le stylosanthes redémarre chaque année par ressemis naturel. Les systèmes à base de stylosanthes se pérennisent alors et il n'est pas nécessaire de reimplanter chaque année une couverture. Ainsi, les rotations du type [Riz + stylosanthes] - [Maïs + stylosanthes] sont particulièrement intéressantes puisqu'elles demandent un travail réduit et peuvent se conduire avec très peu d'intrants chimiques, voire sans engrais minéral.



Association maïs + stylosanthes
Redémarrage du stylosanthes par graines

Stylosanthes guianensis

* Excellent fourrage en vert et au stade jeune, le stylosanthes se lignifie en vieillissant et ses tiges deviennent peu appétées par les animaux, ce qui permet de conserver une importante biomasse sur les parcelles (en cas de divagation, les animaux ne mangeront que les parties vertes).

Intérêts économiques

Les systèmes à base de stylosanthes sont extrêmement attractifs sur le plan économique. Outre le gain de rendement (dès la première récolte dans le cas du manioc) et l'amélioration du capital sol, les systèmes à base de stylosanthes présentent de nombreux avantages :





* Ils ne demandent pratiquement pas d'investissement : réduction des besoins en engrais par l'apport de la légumineuse, besoin en matériel réduit à une *angady* disponible dans toutes les exploitations, pas de besoin en herbicide, etc.



* Les temps de travaux sont fortement réduits dès la première année en semis direct par suppression du labour et réduction importante du temps de désherbage en particulier. Ce gain de temps est d'autant plus intéressant qu'il se produit à une période de faible disponibilité en main-d'œuvre. La première année d'implantation du stylosanthes, l'investissement se limite à l'achat des semences et au temps de semis en poquets (15-20 jours/ha) ou à la volée (2 jours/ha).



Défriche sans brûlis, Sud- Est

Intérêts environnementaux

Les aptitudes agronomiques du stylosanthes en font une plante très intéressante sur le plan environnemental :

* Il permet de remettre en valeur des zones abandonnées, en particulier grâce à la possibilité qu'il offre de contrôler le striga (apport de matière organique et couverture du sol, ombrage, stimulation de la germination "suicide", etc.)

* Il permet de protéger des zones fragiles, réduisant ainsi l'érosion et son impact sur les zones en aval de ces zones de fragilité

* Il offre la possibilité de pérenniser les cultures sur des sols en pente après abatis mais sans brûlis (culture sur couverture permanente), en alternative au système traditionnel itinérant du *tavy*.

* Il offre également des possibilité de protection contre les feux de brousse grâce à sa capacité à rester vert (et offrir du fourrage) pendant toute l'année. Il est ainsi utilisé en pare-feu par les paysans dans le Moyen-Ouest et le Sud-Est.

Précautions et limites

Etant peu compétitif en début de cycle (ce qui évite les risques de compétitions avec la culture associée), *Stylosanthes guianensis* peut nécessiter un désherbage pour une bonne implantation.

Si la couverture végétale est insuffisante lors de la remise en culture sur stylosanthes (production faible, pâturage trop important, feu, etc.), les repousses de stylosanthes par graines peuvent faire de la compétition à la culture (en particulier le riz) si elles ne sont pas contrôlées.

Sur sols très acides (ferrallitiques, schistes, grès et granites), il est fortement recommandé de péllétiser les grains avant semis avec du phosphate naturel ou du thermophosphate.

Il supporte mal d'être fortement pâturé ou fréquemment fauché, et craint particulièrement d'être coupé trop près du sol, et ce d'autant plus qu'il est âgé : ayant peu de bourgeons sur les parties inférieures lignifiées des tiges, il ne pourra pas repartir en cas de fauche trop basse.

Comme tout fourrage très riche en azote, il faut éviter de laisser les animaux en ingérer de trop grosses quantités, en particulier quand il est humide, au risque de météorisation qui peut conduire à la mort des animaux.

Stylosanthes guianensis est sensible au gel (brunissement de la plante, perte des feuilles) mais la plante survit en général à des gels modérés.

Stylosanthes guianensis

La production de graines est très limitée en altitude. Elle peut être réduite en climat tropical humide, les graines pouvant être attaquées par des champignons si elles sont produites durant une période très humide.

Enfin, la récolte et le battage des graines réalisés manuellement représentent un travail important.

Variétés et espèces recommandées

Stylosanthes guianensis a été quasiment décimé d'Afrique dans les années 1970 par une maladie fongique : l'anthracnose (causée par *Colletotrichum gloeosporioides*[1]). Il est donc très important de n'utiliser que des variétés résistantes à cette maladie. La variété CIAT 184 a jusqu'à présent montré une très bonne résistance (monogénique[1]) et est très performante, sous tous types de sols et de climats. Elle est fortement recommandée à Madagascar.

Une autre espèce de stylosanthes, le *Stylosanthes hamata* (cv Verano) peut également être recommandée pour les zones semi-arides du fait d'une meilleure tolérance à la sécheresse et au pâturage intensif que le *Stylosanthes guianensis*.

Le stylosanthes Campo Grande (*Stylosanthes capitata* + *Stylosanthes macrocephala*), très résistant à l'anthracnose est en général moins performant que *Stylsanthes guianensis* mais a pour principal avantage de mieux s'associer avec des graminées, en particulier les brachiarias.

Gestion de la plante

Comment l'implanter ?

Bien qu'il soit possible de le multiplier par boutures (si les pluies sont abondantes, en milieu tropical humide principalement), il est généralement recommandé d'implanter le stylosanthes par graines.

Il est possible d'implanter le stylosanthes en culture pure, mais cela nécessitera une préparation de la parcelle, coûteuse et qui ne rapportera pas directement de profit. Il est donc conseillé d'implanter le stylosanthes en l'associant à une culture qui générera des revenus. De cette manière, le travail supplémentaire demandé pour implanter cette plante de couverture est réduit au semis. Le stylosanthes peut être très facilement associé au riz, au maïs, au manioc ou au pois de terre par exemple.



Implantation du stylosanthes en association avec du pois de terre

L'implantation en culture pure se justifie cependant dans deux situations particulières :

* le cas des systèmes de défriche sans brûlis dans lesquels le stylosanthes est installé la première année, dans la végétation abattue mais pas brûlée (alternative aux systèmes de *tavy* : défriche-brûlis). Les cultures seront implantées l'année suivante, sur la couverture de stylosanthes, sans que le sol n'ai été exposé à l'érosion et ayant donc conservé toute sa fertilité.

* le cas de l'aménagement de terroirs avec la protection de zones de fragilité très dégradées, où les cultures sont rarement rentables.

Quand semer ?

La date de semis du stylosanthes dépend du climat et de la culture associée.

De manière générale, il est recommandé de le semer le plus tôt possible, et pas moins de deux mois avant la fin probable de la saison des pluies (ou l'arrivée de la saison froide) pour éviter les risques d'échec.

En culture pure il est souvent difficile de le semer tôt, les paysans préférant souvent terminer l'implantation des cultures avant de semer une plante de couverture/fourrage. Il est donc recommandé de semer dès que possible (dès les premières pluies utiles voire même en sec avant les pluies), et dans tous les cas avant :



Stylosanthes guianensis, *semé en même temps que le maïs*

Stylosanthes guianensis

* le 15 décembre sur les hauts plateaux où son développement est lent (jusqu'à fin décembre si on utilise des boutures dont le démarrage est plus rapide),

* le 31 décembre en milieu semi-aride pour qu'il puisse suffisamment se développer avant l'arrêt des pluies, et

*la fin janvier en zone de moyenne altitude avec longue saison sèche.

En zone tropicale humide, l'implantation peut se faire durant toute l'année, en évitant cependant les périodes sèches éventuelles. Un semis tardif (entre mars et juin) n'est pas recommandé, la mise à fleur en juin ralentissant fortement sa croissance alors qu'il reste très jeune et peu développé. Après le mois de février, si les pluies sont suffisantes, il est préférable de l'implanter par bouture.



Semis en pur sur sol dégradé

En culture associée, l'implantation du stylosanthes en même temps que la culture principale ne pose pas de problème au niveau de la compétition éventuelle entre plantes, quelle que soit la culture concernée. Cependant, en cas de semis simultané des deux plantes, le désherbage de la culture pourra être difficile à faire sans arracher les jeunes plants de stylosanthes en même temps que les adventices. Le semis en poquets du stylosanthes permet cependant de limiter ce problème (mais le temps de travail pour le sarclage sera augmenté). Il est donc possible soit de semer le stylosanthes en poquet en même temps que la culture principale (si l'on dispose d'une force de travail suffisante pour le désherbage), soit de le semer (en poquets ou à la volée) au moment du premier sarclage des cultures, environ trois semaines après semis. Dans le cas où le Manioc n'est pas sarclé, il est préférable de semer le stylosanthes au moment de l'implantation du manioc si celle-ci se fait en saison des pluies. Si le manioc est implanté en saison sèche, on peut semer le stylosanthes après un rapide sarclage en début de saison des pluies.

Comment semer ?

Le semis se fait de préférence en poquets, avec 7 à 12 graines par poquet, très légèrement recouvertes (moins de 1 cm de profondeur). Les graines étant très petites, il est important de ne pas les enfouir profondément pour leur permettre de lever dans de bonnes conditions.

L'espacement entre poquets recommandé est de 30 à 40 cm sur la ligne, l'espacement entre lignes variant en fonction de la plante associée (cf. fiches techniques par système). En culture pure, l'espacement entre ligne recommandé est aussi de 30 à 40 cm, ce qui permet une couverture relativement rapide et homogène du sol.

A ces densités, la quantité de semences nécessaire n'est que de 2 à 3 kg/ha. Il est cependant parfois difficile de respecter le nombre de graines par poquet étant donnée la très petite taille des semences. Pour éviter de mettre trop de graines par poquet, il est possible de mélanger soigneusement les semences avec du sable (en prenant du sable grossier, aux grains de taille identique à la taille des graines de stylosanthes, et en mélangeant un volume de sable pour un volume de graines environ).

Il est également possible de semer le stylosanthes à la volée, en particulier sur un paillage ou dans un pâturage de graminées. La dose de semences nécessaire est alors fortement augmentée (5 à 6 kg/ha de semences mélangées à 15 à 20 kg/ha de sable pour une bonne répartition).

Traitement des semences

Le stylosanthes ne nécessite aucun traitement insecticide ou fongicide des semences. Cependant, la possibilité d'une dormance des graines peut rendre nécessaire un traitement pour obtenir une bonne germination. Il est donc indispensable d'effectuer un test de germination quelques semaines avant la date de semis probable. En cas de très faible taux de germination (inférieur à 25-30 %), les doses de semis peuvent être augmentées ou les semences peuvent être :

* soit passées dans de l'eau chaude : 25 min. à 55°C (un volume d'eau bouillante pour

Stylosanthes guianensis

un volume d'eau froide) ou 10 min. à 70°C (deux volumes d'eau bouillante pour un volume d'eau froide) puis soigneusement séchées,

* soit prégermées en les trempant dans de l'eau à 70°C (deux volumes d'eau bouillante pour un volume d'eau froide; un volume d'eau pour un volume de semences) pendant une nuit, avant semis sur sol humide (ne pas semer de semences prégermées sur sol sec!),

* soit traitées à l'acide sulfurique : utiliser de l'acide de batterie, peu concentré (l'utilisation d'un acide fort rend très difficile la manipulation et un rinçage incorrectement effectué peut tuer les semences). Les semences sont trempées dans l'acide sulfurique pour une durée variant de 30 secondes à 20 min en fonction de la concentration de l'acide (il est donc indispensable de tester le temps de trempage au préalable) puis rapidement mais soigneusement rincées à grande eau et séchées,

* soit scarifiées en les mélangeant à du sable et en passant un outil tournant ou en les frottant avec du papier de verre (pour les petites quantités).

Fertilisation

Un des avantages du stylosanthes est qu'il ne nécessite généralement pas d'apport d'engrais. Il pourra cependant bénéficier d'un apport éventuel d'engrais sur la culture principale, en particulier du phosphore.

Pour une implantation rapide et vigoureuse (à un coût très modique), la péllétisation avec du phosphate naturel ou du thermophosphate est recommandée, à raison de 200 g de phosphate par kg de semence. Cette pélletisation est indispensable sur sols très acides.



Forte production de biomasse sur sol dégradé, (à gauche : 2 mois après semis, à droite : un an après semis) Photo : Rakotondramanana

Gestion de l'enherbement

Implanté dans une culture après désherbage, et donc sur une parcelle propre, le stylosanthes peut en général être laissé sans entretien particulier. Il se peut cependant qu'un désherbage supplémentaire soit nécessaire dans les parcelles particulièrement enherbées. En culture pure, le stylosanthes peut également nécessiter un désherbage pour faciliter son installation, en particulier en cas d'infestation par des adventices pérennes mal contrôlées au moment de l'implantation.

Protection phytosanitaire en végétation

Stylosanthes guianensis est de manière générale l'une des légumineuses les plus saines du monde inter-tropical[2]. Pour la production de biomasse, il ne nécessite pas de traitement phytosanitaire en végétation. Il peut cependant être intéressant de traiter à la floraison (Cypermethrine : 240 g/l à 0,25 l/ha soit 60 g/ha de matière active) si l'on veut produire des semences en quantité.

Production de semences / Récolte

La production de semence est aisée dans la plupart des situations, en particulier dans les climats avec saison sèche. *Stylosanthes guianensis* est une plante autogame de jours courts. A Madagascar, en zone intertropicale, la floraison a lieu en mai - juin en général (durée du jour : 11h30). Une deuxième floraison a lieu en octobre, mais elle est souvent minime, sauf en milieu tropical humide, où elle est beaucoup plus intéressante que dans les autres milieux. Cependant, en fonction de la date de semis du stylosanthes (le semis peut être fait à différentes périodes dans ces milieux humide), il peut être nécessaire de gérer la plante de manière particulière : En cas de semis tardif, après le mois de février, la floraison en juin sur des plants très jeunes ne permet pas une production de semences intéressante et ralenti fortement la production de biomasse. Il est dans ce cas préférable de faucher le stylosanthes avant la floraison

Stylosanthes guianensis

pour relancer sa croissance et attendre la floraison d'octobre pour récolter les semences.



Capitules et graines de Stylosanthes guianensis

La récolte doit se faire dès que les graines sont arrivées à maturité afin d'éviter qu'elles ne tombent au sol. La floraison n'étant pas simultanée, la récolte doit se faire en plusieurs passages ce qui la rend longue et difficilement mécanisable. Les graines étant protégées dans des capitules, elles sont peu apparentes. Il est important d'extraire régulièrement quelques graines pour observer leur niveau de maturité. Ceci est d'autant plus important si l'on se trouve en période humide, la pilosité des bractées de la capitule créant un milieu favorable au développement de champignons (*Botrytis cinerea*[1]) qui entrainent un pourrissement rapide des graines.

La récolte peut se faire inflorescence par inflorescence au fur et à mesure de la maturation (ce qui représente un très gros travail), ou bien par fauche.

Le séchage des inflorescences (qui sécrètent une substance visqueuse) est nécessaire avant le battage. Les graines extraites doivent ensuite être de nouveau séchées (taux d'humidité inférieur à 10%) afin d'en assurer une bonne conservation.

L'ensemble de ces opérations de récolte- séchage-battage est donc très exigeant en main d'oeuvre, ce qui explique le coût élevé des semences (5 à 7,5 Euros/kg à Madagascar), d'autant plus que la production est limitée à 100-150 kg/ha (jusqu'à 200 kg/ha dans le Sud-Est avec la deuxième récolte). Cependant, la quantité de semences nécessaire étant faible (2 à 5 kg/ha selon le mode de semis), les paysans peuvent facilement produire leurs propres semences : la récolte sur une surface de 2 à 5 ares est suffisante pour semer un hectare.

De plus, pour sa propre utilisation (semences non destinées à la vente), le paysan peut éviter le travail de battage/nettoyage en utilisant directement les inflorescences entières pour le semis, sans en sortir les graines. Le temps consacré à la production de ses propres semences en est ainsi fortement réduit.

Utilisation comme fourrage



Stylosanthes guianensis est un excellent fourrage :

Protéines Digestibles : 100-200 g/kg; Unités Fourragères Lait/kg : 0,6-0,8; Digestibilité: 52-60%; Fibres: 30-38%; Ca: 0,6-1,6% [1][2].

Il peut être donné aux bovins et aux ovins mais aussi aux porcins, aux volailles et aux poissons. Peu appété au stade jeune, son appétibilité augmente avec l'âge.

Il peut être donné en frais ou légèrement préfané (de préférence), ou en foin pour l'alimentation en saison sèche ou froide.



Pâturage de Stylosanthes guianensis *associé au* Brachiaria humidicola

Le stylosanthes supporte mal la pâture intensive. Il est préférable de le faucher et d'alimenter les animaux hors de la parcelle. La fréquence de fauche ne doit pas être trop rapide (tous les 2-3 mois), en particulier pour permettre une coupe suffisamment haute (25 cm), la coupe trop près du sol endommageant fortement la plante. On peut cependant effectuer une fauche entre 10 et 20 cm du sol durant les premiers mois pour favoriser la production de tiges [2].

Il peut être installé en pâturages tournants pour maintenir une bonne production, et associé à des graminées comme les brachiarias ou le *Panicum maximum*. Il est moins appété que ces derniers au stade jeune, mais il est plus appété durant la saison sèche ou froide. L'association permet aussi d'augmenter les quantités de stylosanthes ingérées.

Stylosanthes guianensis

Utilisation comme couverture végétale



Soulever et enrouler le tapis végétal pour faucher les pivots au ras du sol

Le stylosanthes est utilisé en semis direct pour créer une couverture morte (la plante est tuée pour constituer une couverture végétale), mais il a l'avantage de se ressemer naturellement (si on le laisse grainer). Il n'est donc pas nécessaire de le replanter chaque année.

Dès que la biomasse produite est suffisante pour assurer une bonne couverture du sol, soit 7 à 8 t/ha de matière sèche (et de préférence plus de 10-12 t/ha), il est possible de remettre la parcelle en culture en semis direct. Pour contrôler le stylosanthes, une simple fauche au ras du sol, de préférence vers la fin de la saison sèche, est suffisante pour le tuer (soulever le tapis végétal et couper les pivots d'un coup d'*angady* au niveau du collet. Progresser en enroulant le tapis végétal au fur et à mesure puis le remettre en place en le déroulant).

Il est préférable de couper le stylosanthes vers la fin de la saison sèche, ce qui évite le risque de reprise, et 30 à 40 jours avant la date estimée du semis de la culture suivante. En procédant ainsi, l'épais tapis végétal se tassera suffisamment pour permettre le semis dans de bonnes conditions, même dans une biomasse végétale de plus de 15-20 t/ha.



Jeune plant de riz dans une couverture épaisse de Stylosanthes guianensis. *Absence d'adventices*

Si l'on souhaite cultiver la parcelle alors que le développement du stylosanthes est encore insuffisant, il est possible de simplement faucher les lignes de stylosanthes (à 10-15 cm de haut environ pour ne pas risquer de le tuer) et de semer du maïs ou de planter du manioc entre ces lignes. Il faut cependant être vigilant à ce que le stylosanthes ne rédémarre pas trop vite, et le faucher de nouveau dès qu'il risque d'entrer en compétition avec la culture. En fonction de la biomasse disponible, on pourra :

* soit la concentrer sur les lignes cultivées si elle est suffisante pour assurer une bonne couverture des lignes qui recevront les cultures (2 à 5 t/ha de matière sèche sur l'ensemble de la surface, ce qui permet en les concentrant d'avoir plus de 7 à 8 t/ha sur les bandes cultivées) et semer directement dans la paille,

* soit labourer, soit de préférence utiliser un herbicide pour déssecher la végétation sur les interlignes du stylosanthes pour installer les cultures (si l'on dispose de moins de 2 t/ha de matière sèche).

On pourra ainsi produire sur la parcelle tout en laissant la plante de couverture se développer suffisamment pour préparer un semis direct dans de bonnes conditions l'année suivante.

Le semis de la culture dans la couverture de stylosanthes se fait en déplaçant la paille le moins possible. Il suffit d'ouvrir un petit trou pour mettre les graines dans le sol, sans remonter de terre au dessus de la paille. Ce semis peut se faire simplement avec une petite *angady* ou un baton, ou encore avec une canne planteuse, une roue semeuse ou un semoir mécanisé (qui ouvre alors un petit sillon dans la couverture végétale).

La décomposition lente des tiges de stylosanthes produites en grande quantité permet de maintenir une couverture permanente, protégeant ainsi le sol de l'érosion, améliorant l'infiltration de l'eau et réduisant fortement la pression des adventices.



Couverture permanente du sol par les tiges ligneuses de stylosanthes

Stylosanthes guianensis

En résumé



Protection du sol, contrôle des adventices

✓ **Légumineuse pérenne (3 ans), érigée (1 m à plus de 1,8m) , non volubile, tiges lignifiées**

✓ **Adaptée à de nombreux types de sols, en particulier aux sols pauvres et acides, et à tous les climats de Madagascar (jusqu'à 1600 m. d'altitude)**

✓ **Forte production de biomasse, même sans apport d'engrais**

✓ **Fixation d'azote et recyclage de bases et d'oligo-éléments importants, aptitude à extraire le phosphore du sol**

✓ **Système racinaire relativement puissant**

✓ **Elimine les adventices une fois installé**

✓ **Gestion facile en SCV : peu de compétition, inoculation non indispensable, possibilités de l'associer à de nombreuses plantes, contrôlable sans herbicide par simple fauche au ras du sol pour remise en culture en SCV, production de graines facile, production d'un mulch important qui se décompose lentement et contrôle bien les mauvaises herbes, possibilité de le laisser en place une ou plusieurs années, etc.**

✓ **Excellent précédent pour de nombreuses cultures (riz, maïs, etc.), permettant la culture en SCV avec un minimum d'intrants, voire sans intrants, et un temps de travail réduit**



Forte production de biomasse

✓ **Excellent fourrage**

✓ **Reste vert en saison sèche (alimentation des animaux en saison sèche, utilisation possible en pare-feux)**

✓ **Mélifère**

mais....

× **Implantation assez lente**

× **Croissance lente en altitude**

× **Supporte mal le surpâturage**

× **Récolte des graines longue**

Variété recommandée : CIAT 184 (résistante à l'anthracnose)

Références bibliographiques utilisées pour cette fiche technique

(1) Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages : an interactive selection tool., [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Site internet : www.tropicalforages.info

(2) Site internet FAO Grassland : www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000070.htm

(3) College of Tropical Agriculture and Human Resources. Sustainable Agriculture in Hawai'i. Site internet : www2.ctahr.hawaii.edu/sustainag/CoverCrops/stylo.asp

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins: RAMAFA Impression: NIAG

Arachis pintoï et *Arachis repens*



Arachides pérennes
Arachis pintoï et *Arachis repens*

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Frank ENJALRIC
Krishna NAUDIN, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Mars 2012

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri Ministère de l'Agriculture

Arachis pintoï et *Arachis repens*

Caractéristiques générales de la plante

Arachis pintoï

Nom scientifique : *Arachis pintoï*
Noms communs : Arachide pintoï, Pinto
Description :



*Fleurs jaunes d'*Arachis pintoï

Arachis pintoï est une légumineuse (famille des Fabaceae) pérenne, non volubile, de type C3.

L'arachide pintoï est originaire d'Amérique du Sud (Brésil) où elle se développe dans les forêts peu denses. Elle est cultivée en zones tropicales et sub-tropicales humides, en Asie du Sud-Est, Amériques et dans l'Océan Pacifique (1a)(2).

C'est une plante rampante, développant de très nombreux stolons qui s'enracinent au niveau des noeuds et forment un tapis dense en surface. Les tiges prostrées peuvent se dresser et atteindre 50 cm en fonction de l'environnement (1a)(2).



Couverture dense du sol par A. pintoï *bien installée*

Arachis pintoï développe une racine pivotante qui peut descendre à plus d'1,5 m, des racines secondaires et des rhizomes. Le pivot et les racines secondaires portent des nodules (3).

Les feuilles sont formées de 4 folioles ovales qui peuvent faire jusqu'à 4,5 cm x 3,5 cm. La face supérieure est glabre et d'un vert plus foncé que la face inférieure, qui est poilue. La nervure centrale est plus claire.

La floraison commence dès 4 semaines après émergence.(3) Les fleurs caractéristiques des papillonaceae font de 12 à 17 mm (1a)(2). Elles sont de couleur jaune vif, portées par un racème individuel de quelques centimètres.

Comme pour les arachides graines, après fécondation (par autopollinisation), *Arachis pintoï* développe un gynophore qui s'oriente vers le sol. Le gynophore peut faire 1 à 27 cm. Il pousse l'ovaire fécondé vers le sol et l'enterre entre 1 et 7 cm de profondeur. Cependant, il ne peut pas pénétrer dans un sol induré. Les gousses arrivent à maturité environ 6 semaines après la floraison. Les gousses produites sont légèrement nervurées. *Arachis pintoï* produit en général une graine par gousse, parfois deux, de couleur marron clair. Ces graines font 8 à 11 mm de long pour 6 à 8 mm de large, avec un poids de 1000 grains variable, en moyenne de 140 g (1a)(2).



*Racine en pivot d'*Arachis pintoï

Cycle :
Arachis pintoï est une plante pérenne, qui fleurit tout au long de la saison. La floraison est cependant limitée par l'humidité, les basses températures et les journées courtes. Elle semble stimulée par les alternances sécheresse-humidité (1a).

Arachis pintoï et *Arachis repens*

Arachis repens



Arachis repens

Nom scientifique : *Arachis repens*

Description :

Arachis repens possède des caractéristiques très proches d'*A. pintoï*. Ses feuilles sont cependant plus petites, aux folioles moins larges et d'un vert plus foncé. Elle forme un tapis très dense mais moins épais, ne pouvant se redresser autant qu'*A. pintoï*. Les fleurs jaunes peuvent présenter une partie blanche et être portées par un racème plus long qu'*A. pintoï*.

Autres espèces d'arachides pérennes

Deux autres espèces d'arachide pérenne sont utilisées en Amérique du Sud et pourraient avoir un intérêt à Madagascar:

Arachis glabrata, qui produit une forte biomasse d'un fourrage de qualité, supporte une pâture très intense, est tolérante à la sécheresse et adaptée à des sols acides et peu fertiles. Elle a cependant les inconvénients de ne produire que très peu de graines et de n'être multipliée que par boutures, d'être très lente à s'installer et de ne pas supporter l'engorgement (1b).

Arachis paraguariensis, adaptée à une large gamme de sols, peu exigeante, très résistante à la sécheresse et supportant bien une pâture très intense. Elle a l'inconvénient de produire une biomasse plus faible et d'être difficile à propager par semences, difficiles à récolter (1c).

Où les recommander ?

Zones climatiques



Bien qu'originaires essentiellement des vallées à basse altitude et que leur sélection ait été faite essentiellement entre 300 et 600 m, *A. pintoï* et *A. repens* peuvent être cultivées jusqu'à plus de 1 500 m d'altitude.

Elles se développent le mieux pour des pluviométries supérieures à 1 500 mm/an mais survivent même en dessous de 1 000 mm/an et peuvent supporter des saisons sèches de 4 à 5 mois mais vont perdre de nombreuses feuilles (1a)(2)(3). Elles tolèrent également l'engorgement et même la submersion temporaire, mais ne poussent pas dans des zones engorgées ou inondées en permanence.

Leur croissance est maximale à des températures entre 22 et 28°C. Les feuilles et les stolons sont détruits par le gel, mais les arachides pérennes peuvent repartir par les rhizomes et les graines dans le sol (1a)(2).



*Couverture d'*A. pintoï *sous ananas et papayer sur la côte Est de Madagascar*

Tanety : colline

Situation (sol et régime hydrique)

** Où les recommander*

Les arachides pérennes sont particulièrement bien adaptées à la côte Est de Madagascar, chaude et humide. Elles se développent également bien dans les zones de moyenne altitude (800 à 1 100 m) à saison sèche de moins de 6 mois (Lac Alaotra, Moyen-Ouest), avec toutefois une production de biomasse très faible en saison sèche si elles ne sont pas alimentées en eau par la nappe phréatique (parcelles hautes sur les *tanety*). Elles peuvent être cultivées en altitude sur les hautes terres jusqu'à 1 500 m, avec cependant une production quasiment nulle durant la saison froide.

Arachis pintoï et *Arachis repens*

Les arachides pérennes peuvent être installées sur une large gamme de sols, quelle que soit leur texture. Elles tolèrent une faible fertilité et se développent bien sur des sols à fertilité moyenne. Elles tolèrent très bien des taux de saturation en aluminium élevés (>70%) et se développent sur des sols acides à neutres (pH 4,5 à 7,2, avec une croissance réduite en dessous de 5,4 et des risques de chlorose à pH élevé) (1a)(2)(3). Elles tolèrent également bien le manganèse.

* Où ne pas les recommander

A Madagascar, les arachides pérennes ne sont pas recommandées dans les zones à moins de 1 000 mm/an de pluie (Grand Sud, Sud-Ouest et Ouest) ni au dessus de 1 500 m d'altitude où la croissance est trop lente et où le passage de la saison froide est difficile.

Elles ne doivent pas être installées dans les parcelles régulièrement inondées.

Pourquoi recommander ces plantes?

Intérêts agronomiques

Fertilité et caractéristiques du sol



Les arachides pérennes sont des légumineuses capables de fixer des quantités non négligeables d'azote : 36 à 78 kg N/ha/an (4)(5)(6).



Une caractéristique remarquable des arachides pérennes est leur aptitude à assimiler du phosphore dans des sols à faible teneur en phosphore, grâce à leur système dense de racines fines et leur activité mycorrhizienne intense (6).

Une autre caractéristique intéressante d'*Arachis pintoï* est que sa litière relâche très rapidement ses éléments nutritifs (N, P, K et Ca), les feuilles dans la litière ayant une demi-vie de moins de 50 jours en saison humide, soit deux à trois fois moins que d'autres légumineuses pérennes comme *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema acutifolium* ou *Pueraria phaseoloides* (6).



*Structure du sol protégée par un réseau dense de stolons et rhizomes d'*A. pintoï

De plus, les arachides pérennes procurent une protection du sol remarquable et réduisent considérablement l'érosion et le ruissellement. Leur système racinaire pivotant et le réseau très dense de stolons et rhizomes des arachides pérennes jouent également un rôle important dans l'amélioration et le maintien de la structure des sols, même sous des fortes pressions de piétinement par les animaux.



Couverture permanente du sol par les stolons, même après défoliation en saison froide

Arachis pintoï permet d'accroître le stock de carbone et d'azote dans les sols en relation avec l'augmentation de la production de biomasse induite par la fixation d'azote (4). Cette production de biomasse peut varier de 3 à 5 tonnes de matière sèche/ha/an sur les hautes terres (où la production est limitée par la saison froide) à plus de 8 à 10 t/ha/an sur la côte Est, chaude et humide toute l'année. De plus, les arachides pérennes font partie des légumineuses les plus tolérantes à l'ombre. Elles sont capables de produire de la biomasse sous ombrage (70 à 80% d'ombrage) comme dans les vergers ou les plantations, ou encore dans une culture de maïs, augmentant ainsi la production totale de biomasse de la parcelle. Les arachides pérennes peuvent même produire plus sous ombrage modéré qu'en plein soleil (1a).

Arachis pintoï pourrait cependant conduire à une acidification des sols, en particulier dans l'horizon de surface (0-5 cm) (4).

Arachis pintoï et *Arachis repens*



Contrôle total de l'érosion et des adventices par A. repens

Contrôle des adventices



Un des intérêts majeurs de ces plantes est qu'une fois installées, les arachides pérennes forment un tapis très dense qui contrôle remarquablement bien les adventices. Une couverture vive d'arachide pérenne maintient les parcelles propres et réduit donc considérablement les temps de travail pour le contrôle de l'enherbement. Les arachides pérennes sont remarquablement efficaces pour contrôler le striga (*Striga asiatica*). Elles réduisent fortement la pression et le stock de graines de cette plante parasite des céréales, particulièrement difficile à contrôler.

Activité biologique et contrôle des bioagresseurs

A. pintoï a des effets antagonistes sur les nématodes: *Meloidogyne incognita, Meloidogyne paranaensis* et surtout *Rotylenchus reniformis* (6). Elle est cependant sensible à *Pratylenchus brachyurus* (1a).

Une couverture d'*Arachis pintoï* dans les plantations de caféiers, de bananiers, de palmiers à huile semble intéressante pour limiter les dégâts de *Diaprepes abbreviatus* (*Coleoptera, Curculionidae*).

De plus, *Arachis pintoï* attire les punaises (*Pentatomidae* et *Cydnidae*) qui la consomment préférentiellement. *Arachis pintoï* peut ainsi jouer un rôle de «diversion» et diminuer les attaques sur les cultures (6). Elle peut aussi être utilisée comme plante attractive pour une lutte raisonnée contre ces insectes : des bandes d'*Arachis pintoï* peuvent être installées dans les parcelles. Le traitement local des bandes d'*Arachis pintoï* qui concentre les punaises évite alors le traitement des cultures et réduit les applications d'insecticides.

Fourrages et production animale



Les arachides pérennes constituent un fourrage d'excellente qualité et supportent très bien une forte densité d'animaux et le piétinement. De plus, elles peuvent être associées à des graminées fourragères comme *Brachiaria ruziziensis, B. brizantha, B. humidicola, B. decumbens, Panicum maximum, Paspalum notatum, P. atratum, Cynodon dactylon*, etc.

Une telle association avec des graminées permet d'obtenir une forte production de biomasse, de très bonne qualité fourragère.

Intégration dans les systèmes de cultures.

Les arachides pérennes sont utilisées en couverture vive permanente. Leur implantation se fait dans une culture, ce qui en réduit le coût.

Installation dans une culture

Sur des sols à fertilité moyenne ou bonne, les arachides pérennes peuvent être installées dans des cultures de maïs ou de riz. Leur installation relativement lente fait que les arachides pérennes ne font pas de compétition aux céréales la première année.
Sur des sols à fertilité moindre, les arachides pérennes peuvent être installées dans la culture de manioc. L'installation d'arachide pérenne peut aussi se faire en association avec du haricot.
Les arachides pérennes supportant très bien l'ombrage, elles peuvent également être implantées dans des vergers, au moment de leur installation en prenant garde à bien contrôler l'arachide pérenne si elle se développe trop rapidement, ou de préférence plus tard, sous des arbres déjà développés.



Installation d'A. pintoï dans le maïs

Arachis pintoï et *Arachis repens*



*Installation d'*A. pintoï *dans le manioc*



*Couverture vive d'*A. pintoï
sous caféiers et bananiers

*Cultures recommandées sur une couverture vive d'*Arachis sp.

Les cultures recommandées sur une couverture vivante d'arachide pérenne sont avant tout des céréales (maïs, riz) ou du manioc. Les légumineuses se comportent assez mal sur cette couverture de légumineuse. Les arachides pérennes peuvent aussi être utilisées pour la protection des sols dans les plantations de vanille ou d'ananas.

Association avec les arbres

Les arachides pérennes sont très intéressantes en couverture vive dans tous les vergers (en particulier les vergers de *Citrus sp.*) et les plantations (caféiers, cacaoyers, bananiers, etc.), en particulier sur la côte Est de Madagascar. Elles fournissent une excellente protection du sol et permettent de s'affranchir des contraintes d'entretien. Cette association avec les arbres permet de plus la production d'un fourrage de qualité et donc une bonne intégration avec les systèmes d'élevage.

Intérêts économiques

La capacité des arachides pérennes à fixer de l'azote permet d'augmenter les rendements des cultures et/ou de réduire les apports d'engrais minéraux, améliorant ainsi les performances économiques du système.

Un des autres intérêts majeurs des arachides pérennes est que, utilisées en couverture vive, elles permettent une diminution des temps de travaux nécessaires à la préparation du terrain et à l'entretien de la parcelle, par la suppression du labour et des sarclages. Les arachides pérennes installées dominent les autres plantes et constituent un tapis monospécifique, facilement contrôlable avant mise en culture par utilisation d'herbicide (glyphosate ou glufosinate). Ainsi, la préparation du terrain avant semis passe de 50 jours/ha en systèmes avec travail du sol (labour à l'*angady*) à 3 jours/ha pour la pulvérisation en bandes d'un herbicide avec un pulvérisateur à dos. En altitude, le contrôle chimique de ces arachides pérennes peut même être inutile après la saison froide, en raison du gel de leurs parties aériennes. L'entretien des cultures est également fortement réduit du fait du contrôle des adventices par la couverture végétale. Seul le temps de semis est augmenté pour implanter correctement la culture dans une couverture végétale dense. Il passe de 20 jours/ha après labour à 30 à 35 jours/ha en semis direct dans une couverture végétale. Au final, le gain de temps est considérable.



*Couverture vive d'*A. pintoï
sous agrumes dans une forte pente

Intérêts environnementaux

Sur le plan environnemental, les arachides pérennes sont avant tout intéressantes pour leur excellent contrôle de l'érosion (une fois implantées). Leur réseau très dense de stolons et leur feuillage dense constituent une couverture permanente du sol permettant à ces espèces d'assurer un contrôle total de l'érosion même sur forte pente et une très bonne infiltration de l'eau. Cet effet de protection est remarquable dans les zones soumises à des cyclones. Dans les plantations (caféiers, etc.) dont les sols sont protégés par les arachides pérennes, les arbres récupèrent rapidement après le passage d'un cyclone.

A noter également que les arachides pérennes tolèrent bien le feu, redémarrant rapidement par leurs graines enterrées et leurs rhizomes.

Arachis pintoï et *Arachis repens*

Précautions et limites



Compétition de l'arachide pérenne mal maîtrisée sur du riz pluvial
Photo : Rakotondramanana

Comme toute couverture vive, les arachides pérennes doivent être bien maîtrisées pour ne pas engendrer de compétition avec la culture, en particulier pour l'eau et l'azote dans le cas de la culture de riz. Une bonne maîtrise technique est nécessaire pour conduire ces systèmes sur couverture vive, y compris pour l'installation d'arbres.

Un risque associé à l'utilisation des arachides pérennes est qu'elles peuvent attirer des rongeurs qui apprécient leurs graines. Elle doivent être utilisées avec précaution dans les zones où les rongeurs peuvent devenir un problème majeur. Dans ces situations, *A. repens* qui produit moins de graines que *A. pintoï* attire moins les rongeurs et est préférable. De plus, la fauche régulière des arachides pérennes permet d'éviter de constituer un milieu trop favorable aux rongeurs et qui pourrait leur servir de refuge.

Une autre contrainte à l'utilisation des arachides pérennes est que leur installation est relativement lente et coûteuse. Elles nécessite en particulier un travail considérable de sarclage durant leur phase d'installation. Par contre, une fois installées, il est très difficile de les détruire. Elles sont multipliées par le travail du sol et favorisées par un pâturage ou une fauche régulière. Elles repartent rapidement par les graines enfouies dans le sol. L'installation d'une couverture d'arachide pérenne est donc une entrée dans des systèmes produisant des céréales, du manioc ou des arbres, et ce pendant plusieurs années.

Variétés et espèces recommandées

A Madagascar, la variété d'*Arachis pintoï* utilisée est «Amarillo» (CIAT 17 434) , une variété originaire du Brésil et sélectionnée en Australie, utilisée comme fourrage et couverture du sol, aux feuilles d'un vert assez pâle, qui se foncent à l'ombre.

D'autres variétés pourraient être intéressantes, comme «Porvenir» (CIAT 18744), plus résistante à la sécheresse qu'«Amarillo» mais moins vigoureuse en altitude, ou «Itacambira» (CIAT 22160), très résistante à la sécheresse et se développant plus en hauteur ce qui permet une utilisation en fourrage avec fauche [1a].

Un hybride produit par hasard entre «Amarillo» x *A. repens* (CPI 28273) avec des feuilles intermédiaires entre les grandes feuilles d'*A. pintoï* et les feuilles étroites d'*A. repens* est très stolonifère et est très prometteur pour une utilisation dans les vergers et plantations [1a].

Gestion de la plante

Comment l'implanter ?

Quand et comment l'installer



*Préparation de boutures à partir de jeunes plants d'*Arachis pintoï
Photo : N. Moussa

La production et surtout la récolte de semences d'arachides pérennes étant difficiles, le coût des semences est élevé. L'implantation se fait de préférence par boutures.

Les boutures sont constituées de tiges et stolons coupés de manière à avoir au moins trois noeuds par bouture (20 à 30 cm). L'installation des boutures se fait en positionnant 2 noeuds dans le sol (qui produiront des racines). La production de racines nécessite une bonne humidité du sol, ce qui impose d'installer les arachides pérennes en saison des pluies. Pour une bonne reprise, les boutures doivent être installées dans les deux jours qui suivent leur confection.

Arachis pintoï et *Arachis repens*



*Installation d'*Arachis pintoï *dans du riz en doubles rangs*

Il est aussi possible d'utiliser comme boutures des jeunes plants d'*Arachis sp.* avec leur petite racine pivotante formée par enracinement au niveau des noeuds des tiges et des stolons. Cela suppose cependant de prélever plusieurs centimètres de terre dans la parcelle dont sont tirées les boutures. Les boutures sont installées à 50 cm x50 cm pour une densité moyenne, mais peuvent être plus denses (30 cm x 30 cm) pour une couverture plus rapide du sol, ou moins denses (jusqu'à 1 m x 1 m) pour réduire le nombre et le coût des boutures (au prix d'une couverture plus lente du sol).

Pour une implantation dans une culture, qui permet de réduire le coût d'installation, l'installation des boutures se fait en même temps que la culture ou quelques semaines après. Dans une culture de riz, il est préférable d'implanter le riz en doubles rangs (deux rangs espacés de 20 à 30 cm séparés par 60 à 70 cm) et d'installer l'arachide pérenne sur une ou deux lignes (30 cm entre deux plants sur la ligne) entre deux doubles rangs de riz. Il est aussi possible d'installer le riz en rangs simples, espacés d'environ 40 cm et d'installer l'arachide pérenne entre les rangs de riz (30 cm entre deux plants sur la ligne d'arachide pérenne).

Pour le maïs, l'installation de l'arachide pérenne se fait entre les rangs de maïs, avec un ou deux rangs d'arachide (30 cm entre deux plants sur la ligne) entre deux rangs de maïs. Dans une association avec le manioc, l'installation de l'arachide pérenne se fait comme en culture pure, en remplaçant les plants d'arachide pérenne aux emplacements des boutures de manioc.

Les arachides pérennes peuvent se développer sur plus d'un mètre par an grâce à leurs stolons. En fonction de la densité de semis, du climat, de la fertilité du sol et de la date de mise en place, la couverture complète prend entre 6 mois et un an.

L'implantation par graines est également possible. Elle se fait en poquets, à la dose de 10 à 30 kg/ha. Plus la densité est élevée, plus la couverture du sol est rapide. Les semences doivent être plantées sur un sol préparé, à une profondeur de 2 à 5 cm. Un semis superficiel entraîne une mauvaise germination et des pertes dues aux oiseaux et aux rongeurs.

Traitement des semences

En cas de semis, il est recommandé d'inoculer les arachides pérennes avec la souche CIAT 3101 de *Bradyrhizobium*. L'inoculation n'est pas nécessaire en cas d'implantation par boutures (1a).

Fertilisation

Les arachides pérennes sont des plantes peu exigeantes sur le plan de la fertilité, fixant de l'azote et ayant des besoins modérés pour le phosphore, le potassium et le zinc, et des besoins faibles pour le cuivre et le molybdène (6). Mis à part sur les sols les plus dégradés, il n'est pas nécessaire d'apporter de fertilisation minérale. Installées en association, elles profiteront de la fertilisation éventuellement apportée à la culture.



*Pralinage de boutures d'*Arachis pintoï
Photo : N. Moussa

Il est cependant intéressant de praliner les boutures pour faciliter leur reprise. Le pralinage consiste à tremper la base des boutures dans une bouillie fertilisante composée d'un tiers d'eau, un tiers de terre argileuse et un tiers de fumier (et pouvant être enrichie par un engrais minéral).

Gestion de l'enherbement

Avant l'installation de la couverture d'arachide pérenne, il faut éliminer les espèces pérennes qui feraient trop de compétition aux jeunes plants d'arachide. Cela peut se faire manuellement ou à l'aide d'herbi-

Arachis pintoï et *Arachis repens*

cides totaux comme le glyphosate.

L'installation des arachides pérennes étant relativement lente, il est ensuite nécessaire de contrôler les adventices (annuelles, ou pérennes n'ayant pas été contrôlées) tant que la couverture du sol par les arachides pérennes n'est pas totale. En fonction des situations et des moyens disponibles, ce contrôle de l'enherbement peut se faire soit :

* par arrachage manuel des adventices;

* par fauches répétées: des fauches à 5-10 cm réduisent les adventices et stimulent la croissance latérale des arachides pérennes [3];

* par application d'herbicide. Les arachides pérennes sont tolérantes à de nombreux herbicides comme le bentazone, le 2,4-D ou le fluazifop-butyl, mais sensibles au metsulfuron-methyl, au glufosinate, à l'oxadiazon ou au glyphosate [1a][3]. Lors de l'installation de cette couverture avec le maïs ou le haricot, l'application de bentazone de 720 à 1 200 g/ha (1,5 à 2,5 l/ha de Basagran liquide à partir du stade 2 feuilles sur haricot) permet de contrôler les dicotylédones au stade plantules et les cypéracées (comme *Cyperus esculentus*). Dans le cas d'adventices à feuilles larges plus développées dans le maïs, utiliser plutôt le 2,4-D sels d'amines en jet dirigé : 1080 g/ha avant le stade 3 à 4 feuilles du maïs pour éviter tout dégât sur la culture (1,5 l/ha de 2,4-D Amine 720 SL). Le 2,4-D peut aussi être utilisé dans le cas d'une association avec le riz : 720 g/ha entre la fin du tallage et l'initiation paniculaire du riz (1 l/ha de 2,4-D Amine 720 SL).

Une fois que les arachides pérennes couvrent entièrement le sol, elles empêchent la pousse d'adventices et ne nécessitent plus aucun travail de contrôle de l'enherbement.

Protection phytosanitaire en végétation

Les arachides pérennes utilisées à Madagascar sont résistantes à la plupart des maladies communes de l'arachide et ne nécessitent pas de traitement particulier.

Arachis pintoï cv Amarillo est en particulier résistant à *Puccinia arachidis, Cercospora arachidicola, Cercosporidium personatum, Phomopsis sp., Periconia sp., Cylindrocladium sp.* et *Colletotrichum gloeosporioides* [1a].

Production de semences / Récolte

Les arachides pérennes produisent des graines régulièrement et les enfouissent dans le sol, ce qui en rend la récolte difficile. La production de semences est donc longue et coûteuse. A Madagascar, où les semences d'arachide pérenne ne sont pas disponibles, il est recommandé d'installer ces espèces à partir de boutures. Pour ceux qui souhaitent produire leurs semences, il est à noter que la fauche régulière pendant la saison des pluies en favorise la production. Les graines doivent être rapidement séchées et stockées à faible taux d'humidité pour éviter une mortalité rapide [1a].

Utilisation comme fourrage

Les arachides pérennes constituent des pâturages très persistants, produisant un fourrage de qualité, appété par divers types d'animaux, y compris les volailles et les cochons [1a]. Elles contiennent de 13 à 25 % de protéines digestibles et peu de tanins. Leur digestibilité est bonne : 60 à 70 % de la matière sèche [1a]. Ces valeurs sont supérieures à la moyenne des légumineuses fourragères tropicales [6].

Leur port rampant les rend difficilement exploitables par fauches (temps de travaux importants) et elles sont en général pâturées, sauf sur les Hautes-terres Malgaches où la demande en fourrages pour l'élevage laitier est très importante. Par contre, elles supportent remarquablement bien une pression de pâture forte et montrent des performances optimales sous une pression modérée à forte.

Sur les Hautes-terres Malgaches, les arachides pérennes sont exploita-



*Pâture d'*A. pintoï
Photo : R. Michellon

Arachis pintoï et *Arachis repens*



Reprise d'A. pintoï contrôlée par le gel Hautes terres

bles uniquement durant la période chaude, de février à mai. La production en saison froide est très faible, voire nulle, les arachides pérennes perdant leurs feuilles. Il en va de même durant la saison sèche à moyenne altitude (Lac Alaotra, Moyen-ouest) où la production s'arrête quand les plantes ont une alimentation en eau très réduite. En revanche, la production et l'exploitation sont possibles toute l'année dans le climat tropical humide de la côte Est de Madagascar.

Pour une utilisation en fourrage, l'association avec des graminées comme *Brachiaria ruziziensis* ou *Brachiaria brizantha* est également très intéressante. Elle permet d'obtenir une production de qualité, la légumineuse améliorant la qualité de la ration par rapport à une graminée seule. De plus, la production de biomasse totale est largement augmentée par l'association (6). Dans le cas d'une telle association, la part de la légumineuse augmente avec les années. Une forte densité d'animaux favorise les arachides pérennes, alors qu'une densité faible favorise la graminée (6).

Utilisation comme couverture végétale

Les arachides pérennes sont utilisées comme couvertures végétales vives, que ce soit sous vergers et plantations, ou pour des cultures de céréales ou de manioc.

Dans le cas de cultures annuelles (riz, maïs), la couverture d'arachide pérenne est contrôlée avant le semis de la culture, de manière à ne pas redémarrer trop vite pour ne pas concurrencer la culture. En fonction des situations et des moyens disponibles, ce contrôle peut se faire de diverses manières :

* Au dessus de 1 500 mètres d'altitude, il est contrôlé naturellement par le froid et le gel. L'implantation de la culture peut se faire directement, sans contrôle supplémentaire. L'arachide pérenne redémarre de ses tiges et par ses graines.

* Dans les zones avec saison sèche de plus de 4 mois (Lac Alaotra, Moyen-Ouest), les arachides pérennes sont souvent désséchées naturellement sur les *tanety,* du fait du manque d'eau. Elles rédémarrent cependant très rapidement dès les premières pluies, par les graines et rhizomes. Elles peuvent alors entrer en compétition avec la culture, en particulier le riz. La gestion dans ces conditions est donc difficile. Ce n'est pas le cas sur les *baiboho* où elles restent vertes, alimentées par la nappe phréatique). Il est alors facile de les contrôler à l'herbicide avant le semis de la culture et d'éviter la compétition.

* Dans les autres situations, les arachides pérennes doivent être contrôlées avant semis de la culture. Cela se fait en général par application d'herbicide (glyphosate), dont la dose et le mode d'application varient selon la situation (état végétatif de la plante de couverture, type de culture et humidité du sol) :



*Installation de maïs dans une couverture vive d'*A. pintoï *après contrôle en bandes Photo : N. Moussa*

- application en plein pour la culture de riz et application en bandes pour le maïs (qui sera cultivé sur la bande contrôlée, nécessitant en conséquence une dose d'herbicide par hectare cultivé moindre que pour le riz)

- 180 à 360 g/ha de glyphosate dans le Moyen Ouest ou au lac Alaotra, en fonction de l'état végétatif de la plante

- 360 à 1 080 g/ha de glyphosate sur les Hautes terres (en dehors des zones gélives) du fait d'une vigueur plus importante des plantes grâce à l'humidité élevée toute l'année

- 2 160 g/ha (6 l/ha de glyphosate dosant 360 g/l de matière active) ou 480 g/ha de glyphosate + 640 g/ha de 2,4-D sel d'amine (1,5 l/ha de Roundup + 1 l/ha de 2,4-D Amine) pour éradiquer la plante, qui repartira néanmoins par ses graines.

N.B.: Ces doses correspondent aux doses par surface pulvérisée. Pour

Arachis pintoï et *Arachis repens*

une application en bandes, la dose par hectare cultivé est divisée par 3 ou 4 en fonction de la largeur et de l'espacement des bandes.

* Sur la côte Est, chaude et humide toute l'année, les arachides pérennes sont utilisées avant tout dans les vergers et plantations, sans aucun contrôle (avec éventuellement l'utilisation en pâturage pour les animaux). Dans le cas où une culture annuelle devrait être installée, les doses d'herbicide à utiliser sont plus importantes que dans les autres zones, pour éviter une reprise trop rapide de la légumineuse pérenne.

* Sur les Hautes terres de Madagascar, il est possible de contrôler les arachides pérennes sans utiliser d'herbicide en fauchant celles-ci (utilisation en fourrage pour les animaux) puis en appliquant lors de la reprise de végétation une solution saline concentrée. 15 kg/ha de NaCl mélangés à 50 l/ha d'eau et 3 l/ha de vinaigre ou 25 kg/ha de KCl mélangés à 100 l/ha d'eau et 3 l/ha de vinaigre permettent de les contrôler plus de 30 jours dans cette zone.

Le contrôle des arachides pérennes nécessite un certain savoir-faire . Il faut en effet bien adapter la dose d'herbicide ou de solution saline de manière à contrôler la plante de couverture suffisamment longtemps pour qu'elle ne fasse pas de compétition à la culture, sans l'affaiblir trop ce qui pourrait retarder trop fortement sa reprise et donc réduire sa production de biomasse, ou même la tuer. De manière générale, on estime qu'un contrôle pendant 45 jours permet au riz ou au maïs de s'installer sans risquer de compétition. Si la plante de couverture redémarre trop rapidement et risque d'entrer en compétition avec la culture pour l'eau ou les éléments nutritifs, il est nécessaire de l'affaiblir de nouveau. Les arachides pérennes peuvent alors être fauchées si la main d'oeuvre le permet, ou contrôlées à l'herbicide : 360 à 720 g/ha de 2,4-D pour le riz (entre la fin du tallage et l'initiation paniculaire), ou nouvelle application de glyphosate en bande entre les rangs de maïs ou entre les arbres, à l'aide d'un cache pour éviter de toucher le maïs. Ce contrôle de la couverture vive est essentiel. Il nécessite cependant un certain savoir-faire qui s'acquiert avec l'expérience.



*Reprise d'*A. pintoï *après installation du riz*
Rotation maïs//riz sur couverture vive
Moyen-Ouest de Madagascar

Principales références bibliographiques utilisées

(1) Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. **Tropical Forages : an interactive selection tool**., [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
1a: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Arachis_pintoi.htm
1b: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Arachis_glabrata.htm
1c: http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Arachis_paraguariensis.htm

(2) FAO. Grassland species.
http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/DATA/pf000463.htm

(3) College if Tropical Agriculture and Human Resources, Hawaii.

http://www2.ctahr.hawaII.edu/sustainag/CoverCrops/perennial_peanut.asp

(4) Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos E., Jarillo-Rodriguez J. & Ocana-Zavaleta E. 2012. Impact of an introduced forage legume and grazing on soil fertility in native pasture of the humid tropics of Mexico. In Whalen J.K. Ed. Soil fertility improvement and integrated nutrient management. A global perspective. Chap. 4. pp 57-80. In Tech. ISBN : 978-953-307-945-5.

(5) Ngome, A.F. & Mtei, M.K. 2010. Establishment, biological nitrogen fixation and nutritive value of Arachis pintoï (CIAT 18744) in western Kenya. Tropical grasslands, 44:289-294.

(6) Kerridge P.C., Hardy B. Eds. 1994. Biology and agronomy of forage Arachis. CIAT Publication N° 240. Cali. Colombia. 209 p. ISBN: 958-9183-96-4

(7) Quaranta, B. 2009. Effet des plantes de service sur les bioagresseurs des cultures. Rapport de stage. ISTOM/CIRAD. 90 p.

Arachis pintoï et *Arachis repens*

En résumé

✓ **Légumineuses pérennes, rampantes**

✓ **Plantes peu exigeantes, fixatrices d'azote (50 kg N/ha/an) capables de se développer sur des sols à fertilité moyenne ou pauvres, indifférentes à la texture du sol**

✓ **Cultivables de 0 à 1 600 m d'altitude à Madagascar, supportant 5 mois de saison sèche**

✓ **Utilisation en couverture végétale vivante pour les cultures de céréales (Riz, Maïs), de manioc et dans les vergers et plantations**

✓ **Développent un tapis très dense de stolons et assurent un excellent contrôle de l'érosion et du ruissellement**



*Maïs sur couverture vive d'*A. pintoï
Lac Alaotra

✓ **Excellent contrôle des adventices, et en particulier du striga**

✓ **Bonne fixation de carbone et restructuration du sol grâce à leur système racinaire pivotant**

✓ **Excellent fourrage, supportant bien des fortes charges et le piétinement et pouvant être associé à des graminées**

Mais...



Riz sur couverture vive d'A. pintoï

× **Installation lente, par boutures essentiellement (prix élevé des graines)**

× **Pas adaptées au climat semi-aride (moins de 800 mm de précipitations annuelles)**

× **Risque de compétition pour l'eau en cas de mauvaise maîtrise de la couverture dans la culture dans les zones à précipitations < 1 000 mm/an**

× **Pas de culture de légumineuse sur une couverture d'arachide pérenne**

× **Peuvent attirer les rongeurs**

× **Eradication difficile, nécessitant des herbicides**

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins : RAMAFA



Avoine
Avena sativa et *Avena strigosa*

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Frank ENJALRIC
Krishna NAUDIN, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Février 2012

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT
GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar
TAFA TAny sy FAmpandroasana
afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Ministère des Affaires étrangères
FFEM
Min Agri Ministère de l'Agriculture

Avena sativa et *Avena strigosa*

Caractéristiques générales de la plante

Noms scientifiques : *Avena sativa et Avena strigosa*

Noms communs : Avoine cultivée, Avoine byzantine, Oats (*A. Sativa*) et Avoine rude, Bristle oats, Black oats (*A. strigosa*).

Description :

L'avoine (*Avena sativa* et *Avena strigosa*) est une graminée (famille des Poaceae) annuelle. *Avena sativa* est originaire de l'Afrique du nord et du Moyen-Orient. *Avena strigosa* est originaire de l'ouest de la Méditérrannée (Espagne, Portugal). Il s'agit d'une espèce de climat tempéré.



Avena sativa

Plante de type C3, elle peut contenir plus de NH_4^+ par unité de matière sèche que des plantes en C4 comme les brachiaria ou les sorghos. *Avena strigosa* contient de 13 à 15% de protéines.

Avena sativa est hexaploïde. *Avena strigosa* est la seule avoine diploïde et est largement utilisée dans les programmes de création variétale. Elle est plus rustique qu'*Avena sativa*, avec des graines plus petites.

L'avoine a des fleurs hermaphrodites (organes mâles et femelles sur les mêmes fleurs), auto- pollinisées par le vent.

C'est une monocotylédone à tige cylindrique (cauline) de 25 à 150 cm de haut, au port dressé. Les feuilles glabres font 2 à 10 mm de large et engainent les tiges. Elles présentent une ligule blanche de 2 à 5 mm au niveau de leur insertion sur la tige. Les inflorescences sont des panicules lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs, mesurant 20 à 25 mm de long.

L'avoine peut produire des racines adventices au niveau des noeuds. Son système racinaire fasciculé est relativement puissant, pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1,5 m.

Cycle :

Plante annuelle, l'avoine est peu photosensible. La floraison a lieu 4 à 5 mois après semis, selon les variétés et en fonction des zones agro-écologiques. La période de floraison dépend de la date d'installation.

Sur les tanety des Hautes Terres, l'avoine peut être installée soit:

* dès les premières pluies (en octobre - novembre) pour une utilisation en couverture végétale en février-mars, après floraison



Avoine de saison intermédiaire en végétation et avoine de premier cycle en cours de maturation sur les Hautes Terres

* plus fréquemment, après une première culture de cycle court (haricot) ou dans une culture de cycle moyen (soja), en dérobé au mois de février-mars. La floraison a alors lieu à partir de juin, et la récolte peut se faire d'août à octobre.

Au lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest l'installation peut se faire sur tanety aux premières pluies (novembre-décembre) pour une floraison en mars-avril ou, plus fréquemment, en contre-saison dans les parcelles qui maintiennent une humidité suffisante (bourrelets de berge et baiboho). Le semis se fait alors en mars-avril, pour une floraison en août et une récolte en octobre.

Dans les rizières, l'avoine est plantée après réssuyage et quand le risque d'engorgement est faible, en mars au lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest, en mai-juin sur les Hautes Terres en fonction de la position des rizières.

Avena sativa et *Avena Strigosa*

Où recommander cette plante?

Zones climatiques



Plante de milieu tempéré, l'avoine est tolérante au froid, résistante au gel (-5°C) et peut être utilisée en altitude. A l'inverse, l'avoine ne doit pas être installée en climat chaud et humide favorisant les maladies, en particulier la rouille. Elle n'est recommandée à Madagascar qu'au dessus de 800 mètres d'altitude et est diffusée essentiellement sur les Hautes Terres et au lac Alaotra.

Situation (sol et régime hydrique)

* *Où la recommander*

L'avoine se développe sur une gamme de pH assez large, sur sols acides (jusqu'à pH =4,5), neutres ou basiques (jusqu'à 8,4). Elle tolère bien l'aluminium. Elle préfère les sols sableux légers ou limoneux mais peut aussi se développer sur sols très argileux, à condition qu'ils ne soient pas engorgés.

L'avoine est recommandée sur tanety relativement fertiles pendant la saison intermédiaire, et sur rizières et terrains irrigables ou maintenant une humidité suffisante pendant la saison sèche (baiboho, bourrelets de berge). *Avena strigosa* se développe mieux qu'*Avena sativa* sur des sols à faible fertilité.



Mort de l'avoine sur sol engorgé

* *Où ne pas la recommander*

L'avoine est une plante relativement exigeante qui ne doit pas être installée sur sols pauvres sans apport de fumier ou d'engrais.

De plus, l'avoine ne supporte pas la submersion ou l'engorgement. Elle ne doit pas être cultivée en milieu inondable et sur sols très lourds qui favorisent l'engorgement.

Enfin, l'avoine se développe assez mal sous ombrage, dans les associations trop denses.



Système racinaire fasciculé de l'avoine

Pourquoi recommander cette plante?

L'avoine est une plante intéressante pour de nombreux aspects.

Intérêts agronomiques

Fertilité et caractéristiques du sol

L'avoine possède un système racinaire fasciculé relativement puissant qui lui permet de se développer sur sol modérément compacté et d'en améliorer la structure. Ce système racinaire, très dense sur les horizons de surface, s'enracine en général à plus de 80 cm et peut atteindre 190 cm.



De plus, l'avoine produit une biomasse conséquente et procure ainsi une très bonne couverture du sol. Cette couverture se décompose lentement (rapport C/N élevé) et se maintient en conséquence longtemps sur le sol.

L'avoine bénéficie ainsi aux cultures qui lui succèdent, en particulier pour les légumineuses.



Contrôle des adventices

L'avoine est une excellente plante nettoyante, qui permet de contrôler un grand nombre d'adventices. Au delà de l'effet d'ombrage procuré par la couverture, l'avoine a des facultés allélopathiques très marquées, que ce soit en végétation ou lors de sa décomposition.



En conséquence, les cultures installées sur résidus d'avoine peuvent généralement être conduites sans utilisation d'herbicide.

Avena sativa et *Avena strigosa*

Activité biologique et contrôle des bioagresseurs

L'avoine est souvent utilisée comme nématicide. Elle est considérée comme un bio-pesticide, en particulier en semis direct. Son effet est multiple : d'une part, elle n'est pas un hôte des nématodes (en particulier *Pratylenchus penetrans*). Comme elle supprime les autres plantes qui pourraient être des hôtes, elle rompt le cycle de ces nématodes. D'autre part, elle a des effets allélopathiques et biocides, que ce soit pendant sa croissance ou lors de la décomposition de ses pailles.

Par ailleurs, l'avoine sécrète par son appareil racinaire des substances fongicides, toxiques pour *Fusarium, Gaeumannomyces* et *Rhizoctonia*.

Fourrages et production animale



La valeur nutritive des fourrages d'avoine est élevée, comparable à celle du ray-grass: ils sont riches en protéines (environ 20 % MAT) et en énergie (0,80 UFL), et ont une faible teneur en fibres. Les fourrages d'avoine sont bien appréciés par les vaches laitières avec une excellente ingestion et une haute digestibilité.

La production totale de biomasse peut être élevée: 4 à 5 t/ha et jusqu'à plus de 10 t/ha de matière sèche sur sols fertiles, avec une gestion appropriée des coupes. Un des intérêts de l'avoine est qu'elle atteint sa production de biomasse maximale au moment de l'anthèse, plus rapidement que de nombreuses autres espèces. Ainsi, elle peut être exploitée en contre-saison, d'avril à octobre sur les Hautes Terres malgaches. Elle permet ainsi de faire une à trois coupes à une période de faible disponibilité en fourrages.

Intégration dans les systèmes de cultures.

Cultures possibles en association ou succession

L'avoine peut être associée à des cultures ou d'autres plantes de couverture. Cependant, comme l'avoine se développe mal à l'ombre, ces associations ne doivent pas induire de compétition pour la lumière. Elles se font en prenant garde à ce que l'avoine ne se retrouve pas dominée par les plantes associées.



Mélange Avoine + vesce

L'association avec des plantes de couverture en mélange se fait avec des plantes érigées de taille inférieure ou comparable à l'avoine (ray-grass, radis fourrager, lupin blanc) ou des plantes non dressées comme le petit pois ou la vesce. Il est aussi possible d'associer l'avoine avec des plantes qui s'implantent plus lentement (Brachiaria). Il est très intéressant d'associer l'avoine afin de constituer une couverture multifonctionnelle. Le mélange avec de la vesce, du lupin blanc et du radis fourrager par exemple permet d'assurer les fonctions de restructuration du sol, de contrôle des adventices et des bioagresseurs, et d'amélioration de la fertilité par fixation d'azote.

L'association avec des cultures peut se faire soit en bandes (pomme de terre), soit en dérobé avec installation de l'avoine en cours de cycle (maïs) ou en fin de culture (soja). Dans cette dernière situation, l'essentiel de la production de biomasse par l'avoine se fait en succession de la culture. L'installation d'avoine est ainsi une voie très intéressante d'«habillage» des cultures paysannes pour augmenter la production de biomasse.

Cultures possibles en succession/rotation

L'avoine est un excellent précédent pour la production de légumineuse.



Sur tanety, l'avoine est cultivée essentiellement en rotation avec le haricot ou le soja. L'avoine peut être installée aux premières pluies pour production de biomasse en début de saison et installation de la légumineuse qui se développe durant la deuxième partie de la saison des pluies. Inversement, l'avoine peut être cultivée après la culture principale installée en début de saison des pluies. Dans ce dernier cas, le plus fréquent, la production de biomasse par l'avoine se fait en fin de saison des pluies/début de saison sèche. Le semis de l'avoine se fait immédiatement après la récolte de la culture lorsque celle-ci est à cycle court (haricot). Si la

Avena sativa et *Avena Strigosa*

première culture est à cycle relativement long (soja, maïs), le semis se fait en dérobé pour permettre une bonne installation avant l'arrivée de la saison sèche/froide.

En rizières, l'avoine cultivée en saison sèche/froide est un bon précédent du riz, permettant en particulier de nettoyer les parcelles des principales adventices.

Pour les céréales (riz ou maïs) cultivées en succession de l'avoine, il est recommandé de contrôler la couverture d'avoine au minimum trois semaines avant le semis de la culture, afin de limiter les effets allélopathiques et/ou les blocages d'azote liés à la décomposition de la paille.



Avoine semée en dérobé dans le soja

Facilité de gestion

Un intérêt marqué de l'avoine est sa facilité d'utilisation. Sa production de biomasse rapide permet de l'insérer relativement facilement dans les rotations. Son contrôle par simple fauche ou roulage après floraison et ses forts effets allélopathiques font que les systèmes avec avoine peuvent se conduire sans herbicide.



Son cycle de développement lui permet d'être installée durant une large période, des premières pluies à quelques semaines avant la fin de la saison pluvieuse/chaude.

Ses faibles aptitudes pour se développer à l'ombre font qu'elle peut être associée en cours de culture, sans risque de concurrencer la culture en place.

Intérêts économiques



Au delà des gains de temps pour le contrôle des adventices et des gains de rendement des cultures installées sur couverture d'avoine, l'avoine est une plante de couverture dont la vente peut rapporter des revenus intéressants. Ces revenus peuvent provenir de ses graines comestibles et très riches, ou de sa paille qui constitue un excellent fourrage et est aussi utilisée en artisanat local (confection de chapeaux).

Intérêts environnementaux



Sur le plan environnemental, l'avoine conjugue les avantages de :

* réduire l'érosion par sa couverture végétale qui perdure longtemps,

* réduire les besoins en herbicides par ses facultés de «nettoyage» des parcelles, et

* recycler les éléments nutritifs qui pourraient être lessivés durant la saison fraîche par son système racinaire relativement profond, et qui se développe durant des périodes marginales, quand aucune culture n'est en place durant la saison fraîche sur les Hautes Terres.

Précautions et limites

Avena sativa est sensible à la rouille noire (*Puccinia graminis*) ce qui pose problème pour la production de semences, mais pas pour la production de biomasse pour une utilisation en couverture végétale. *Avena strigosa* est résistante à cette maladie fongique.

Il est souvent tentant pour les agriculteurs-éleveurs (en particulier pour l'élevage laitier) d'utiliser l'avoine comme fourrage dans son intégralité. Dans un tel cas, les effets positifs liés au semis direct et en particulier au gain de matière organique seront fortement réduits, voire nuls. L'exportation de l'avoine en fourrage doit donc être raisonnée, sur la base d'un compromis entre intérêt économique à court terme pour la production animale et intérêt agronomique à plus long terme de maintenir un stock suffisant de matière organique pour un bon fonctionnement biologique des sols.



Variétés et espèces recommandées

Trois variétés sont diffusées à Madagascar:

N° 151, avoine noire à production élevée, mais sensible à la rouille (*Avena sativa*)

N°7, avoine blanche, qui exige des sols plus fertiles que N° 151

CA 153, très résistante à la rouille.

Avena sativa et *Avena strigosa*

Gestion de la plante

Comment l'implanter ?

Quand et comment semer

L'implantation de l'avoine peut se faire par semis à la volée, en lignes ou en poquets.



Avoine de contre-saison en rizière

Pour un semis en ligne, les lignes doivent être espacées de 20 cm. Le semis en poquets se fait à 20 cm x 20 cm. Les graines sont placées à 1 à 3 cm de profondeur. En cas de semis en association ou en dérobé dans une culture (haricot, riz, etc.), semer l'avoine entre les rangs de la culture principale, en général sur des lignes espacées de 40 cm.

Pour *Avena sativa*, le semis se fait à la dose de 80 kg/ha (semis en poquets) à 120 kg/ha (semis à la volée). *Avena strigosa*, plus petite (poids de 1000 grains de 15 à 20 g.) se sème à 60 à 80 kg/ha en culture pure.

Pour des mélanges d'espèces, la dose d'avoine est réduite en fonction du nombre d'espèces semées et de la proportion d'avoine désirée dans le mélange.

Sur tanety, le semis peut se réaliser en début de saison des pluies (octobre- novembre) pour une production de couverture végétale en vue d'un semis direct de légumineuse en saison intermédiaire (semée de mi-janvier à mi-février). Dans ce cas, l'avoine est destinée à la production de paillage uniquement et ne sera pas récoltée. Elle sera fauchée après floraison pour être utilisée comme couverture végétale, mais avant d'avoir produit des graines.

L'installation d'avoine sur tanety se fait donc de préférence en saison intermédiaire de mi-janvier à fin février, après la récolte d'une culture de cycle court (haricot) ou en dérobé dans une culture de cycle plus long (soja, pomme de terre).

En rizières, le semis d'avoine se fait après la récolte du riz, en contre-saison. Il est nécessaire d'attendre le ressuyage du sol et semer sur sol humide, quand les risques de nouvelle inondation sont faibles. Suivant les rizières, le semis peut se faire:

* à partir de février-mars. Si nécessaire, il se fait en dérobé dans le riz quand la rizière s'assèche précocement

* jusqu'au mois de juin dans les rizières qui restent engorgées très longtemps.

Traitement des semences

De manière générale, le traitement de semence n'est pas nécessaire pour l'avoine.



Avoine et pomme de terre

Fertilisation

L'avoine est une plante relativement exigeante sur le plan de la fertilité. Il est cependant difficile de proposer de fertiliser une plante de couverture, surtout si elle n'est pas utilisée comme fourrage. Il est donc recommandé d'insérer l'avoine dans des systèmes de culture où elle pourra bénéficier des arrière-effets des fertilisations apportées aux cultures principales. Il est en particulier très intéressant de cultiver de l'avoine en contre-saison en rizières, ou après une culture de pomme de terre qui est en général fortement fertilisée.

Gestion de l'enherbement

Un des grands intérêts de l'avoine est sa très bonne capacité à maîtriser les mauvaises herbes par ses pouvoirs allélopathiques. Cette plante ne demande donc pas de désherbage (ni manuel, ni chimique), sauf en cas d'infestation exceptionnelle.

Avena sativa et *Avena Strigosa*

Protection phytosanitaire en végétation

L'avoine utilisée en plante de couverture ou fourrage ne demande pas de traitement phytosanitaire en culture.

Production de semences / Récolte

La production de semence se fait comme pour la culture. La récolte se fait à maturité, quand les grains sont durs (14% d'humidité) mais que la tige est toujours légèrement verte pour éviter la perte de grains sur des plantes trop mûres. Les graines sont ensuite séchées pour améliorer leur conservation.

La production de semence s'élève à 1,5 - 2 t/ha.



Fauche de l'avoine

Utilisation comme fourrage

L'avoine est un excellent fourrage, qui peut être utilisé en vert ou après séchage (foin), et être fauché ou pâturé de manière raisonnée (l'avoine supportant mal un pâturage trop intensif).

La production totale de biomasse est fonction du nombre de coupes, qui peut varier de un à trois. Avec trois coupes, la production de biomasse totale peut dépasser 10 t/ha de matière sèche, à condition d'apporter une fertilisation (en particulier azotée) après chaque coupe. Pour obtenir des repousses et ainsi permettre plusieurs coupes, il est indispensable d'effectuer les coupes avant la montaison.



De même, pour une utilisation mixte entre fourrage et utilisation en SCV, la coupe pour le fourrage doit être faite avant la montaison pour permettre la repousse, et suffisamment tôt avant la mise en culture pour que la production de biomasse par les repousses soit conséquente.

Utilisation comme couverture végétale

La préparation de la couverture d'avoine, plante annuelle, peut se faire très simplement par fauche ou passage d'un rouleau à cornières après la floraison, de préférence avant le stade grain laiteux pour éviter la production de semences qui pourraient se développer dans la culture suivante.

Si la culture suivante n'est pas une légumineuse, il est recommandé de contrôler l'avoine au moins 2 à 3 semaines à l'avance afin de réduire les risques de blocage d'azote liés au développement initial des bactéries qui vont décomposer ces pailles. Pour une culture de riz sur paillage d'avoine, il est recommandé d'apporter 50 kg d'azote au semis pour éviter les blocages d'azote.

Les pailles d'avoine se décomposant lentement, le paillage obtenu reste longtemps en place, permettant un bon contrôle de l'érosion et des adventices durant tout le cycle de la culture suivante.

Le semis de la culture dans la couverture d'avoine se fait en déplaçant la paille le moins possible. Il suffit d'ouvrir un petit trou pour mettre les graines dans le sol, sans remonter de terre au dessus de la paille. Il faut s'assurer de bien localiser les semences dans le sol et non en surface, dans la couverture, surtout si cette couverture est très importante et que le mulch n'est pas encore tassé. Ce semis peut se faire simplement avec une petite *angady* ou un bâton, ou encore avec une canne planteuse, une roue semeuse ou un semoir mécanisé (qui ouvre alors un petit sillon dans la couverture végétale).



Couverture végétale d'avoine préparée pour le semis

Avena sativa et *Avena strigosa*

Principales références bibliographiques utilisées

(1) Site internet FAO grassland :http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/mainmenu.htm

(2) Site internet Davis university: http://www.sarep.ucdavis.edu/cgi-bin/CCrop.exe/show_crop_28

(3) Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières. Guide pour les hautes terres de Madagascar. 2008. Ouvrage collectif GSDM/TAFA/FIFAMANOR/MAEP/CIRAD/ARP/SICALAIT/ARIAL/Région Réunion.

En résumé

✓ **Graminée annuelle (cycle long de 6 à 7 mois), érigée**

✓ **Plante de climat tempéré, cultivable toute l'année sur les Hautes Terres, en contre-saison de préférence à moyenne altitude**



Avoine après haricot

✓ **Résistante au gel une fois installée**

✓ **Adaptée à de nombreux types de sols, en particulier aux sols acides, à condition qu'ils soient bien drainés**

✓ **Faibles besoins en eau**

✓ **Très bon contrôle des adventices par effets allélopathiques et couverture du sol**

✓ **Cycle long, en contre-saison, ce qui permet de disposer d'un important couvert végétal en début de saison des pluies.**

✓ **Forte production de biomasse (jusqu'à plus de 10 t/ha)**

✓ **Forte fixation de carbone et bonne restructuration du sol, en particulier sur les horizons de surface**

✓ **Décomposition lente des pailles et bon maintien de la couverture végétale**

✓ **Excellent précédent du haricot et du soja sur tanety, et du riz en rizière**

✓ **Contrôlé par simple fauche à la floraison, ce qui permet la remise en culture en SCV sans herbicide**

✓ **Facile à gérer, ne demandant pas de moyens ou de connaissances particulières**



Haricot sur couverture d'avoine

✓ **Excellent fourrage**

✓ **S'associe facilement à d'autres plantes de couverture: radis fourrager, vesce, lupin, petit pois, etc.**

mais :

× **Pas adaptée au climat tropical chaud et humide**

× **Pas adaptée aux sols très dégradés et/ou compactés**

× **Ne supporte pas l'engorgement ou la submersion**

× **Production de semence pouvant souffrir de la rouille noire**

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins: RAMAFA



Eleusine coracana

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON,
Hubert RAZAFINTSALAMA, Narcisse MOUSSA, Frank ENJALRIC
Krishna NAUDIN, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Février 2012

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri Ministère de l'Agriculture

Eleusine coracana

Caractéristiques générales de la plante

Noms scientifiques : *Eleusine coracana* **Synonyme**: *Cynosorus coracanus*

Noms communs : Eleusine, petit mil, finger millet, african millet, Ragi (Inde).

Description :

L'éleusine est une graminée (famille des *Poaceae*, tribu des *Eragrostideae*) annuelle, de type C4.

Eleusine coracana est originaire d'Afrique de l'Est (Ouganda, Ethiopie) où elle est cultivée depuis l'âge de bronze. L'éleusine est cultivée sur plus de 2,5 millions d'hectares en Asie du Sud et en Afrique de l'Est où elle représente une céréale importante, en particulier en milieu très sec (1)(2)(3).



*Inflorescences d'*Eleusine coracana

C'est une plante érigée, de 60 cm à plus de 150 cm de haut, mais pouvant verser ou être prostrée. Les tiges sont aplaties latéralement. Les feuilles, au vert brillant caractéristique sont très résistantes. *Eleusine coracana* produit un grand nombre de talles (variable selon les variétés), et des ramifications peuvent se faire au niveau des noeuds. La verse est assez fréquente.

Les inflorescences sont digitées, avec 4 à 6 doigts pour la plupart (plus rarement, 2 à 8) de 12 à 15 cm de long, droits ou légèrement incurvés. Les épillets sont alternés sur le rachis, chacun contenant 4 à 7 graines de 1 à 2 mm (2). Leur couleur peut varier du brun foncé avec des tons rouges ou orangés, à presque blanc. Eleusine coracana est entièrement auto-pollinisée, ce qui rend les croisements difficiles (3). Le poids de mille grains est d'environ 2,5 g.



*Racines d'*Eleusine coracana

Une particularité marquante d'*Eleusine coracana* est son système racinaire fasciculé, fibreux, exceptionnellement puissant. *Eleusine coracana* est ainsi très difficile à arracher.

Cycle :

L'éleusine est une plante annuelle, de cycle court à moyen, selon les variétés (2,5 à 6 mois), au développement très rapide pour les variétés à cycle court. Plante photosensible (optimum de 12 h.), son cycle est fonction de la variété et de la saison de culture, mais aussi des propriétés du sol (1)(2)(3).

Où recommander cette plante?

Zones climatiques



L'éleusine s'étend des régions chaudes aux régions tempérées du globe, de 11°C à 27,4°C de moyenne annuelle, dans des régions très sèches à très humides (de moins de 300 mm à plus de 4000 mm de précipitations annuelles), du niveau de la mer à plus de 2000 mètres d'altitude. On la rencontre ainsi de l'Afrique au Japon, en passant par l'Australie et l'Inde où elle a été introduite il y a plus de 3000 ans(1)(2)(3). Elle est donc adaptée à toutes les zones agro-climatiques de Madagascar. Sa croissance est très rapide à température élevée et elle peut se développer jusqu'à 35°C, avec un optimum entre 18 et 30°C (3). En revanche, son développement est très lent à basse température. Elle se développe donc relativement lentement en altitude. Elle ne doit être installée qu'en saison chaude dans les régions tempérées ou sub-tropicales d'altitude, comme sur les Hautes Terres Malgaches ou au Lac Alaotra.

Eleusine coracana

Situation (sol et régime hydrique)

* Où la recommander

L'éleusine se développe sur des sols de pH 5,0 à 8,2 avec un optimum entre 6 et 7. Elle supporte mieux la salinité que les autres céréales (2)(3). Elle se développe bien sur une large gamme de sols, de limons riches à des sols superficiels pauvres, mais peut fortement souffrir en cas de carences en oligo-éléments comme le zinc, ce qui peut rendre son comportement parfois difficile à comprendre. A Madagascar, elle se développe bien sur les sols ferrallitiques à fertilité moyenne ou élevée, sur les sols ferrugineux tropicaux et sur les *baibohos*.

* Où ne pas la recommander

L'éleusine ne doit pas être installée sur sols très acides, sur sols dégradés à faible niveau de fertilité (comme les sols ferrallitiques dégradés) ou sur sols carencés en oligo-éléments.

De plus, l'éleusine ne supporte pas la submersion (1)(2) et ne doit donc pas être cultivée en milieu inondable.

Pourquoi recommander cette plante?

Intérêts agronomiques

Fertilité et caractéristiques du sol

Le cycle très court et le système racinaire extrêmement puissant d'*Eleusine coracana* lui donnent une capacité exceptionnelle à injecter rapidement une très forte quantité de carbone, à décompacter les sols et à leur redonner une bonne macroporosité. La production de biomasse racinaire par l'éleusine peut dépasser 5t/ha de matière sèche en trois mois seulement. La biomasse aérienne peut dépasser 8t/ha de matière sèche (2).



De plus, en association avec des bactéries libres du sol (*Acetobacter diazotrophicus*, *Azospirillum brasiliense*, *Bejerinckia sp.*, divers rhizobia, etc.), l'éleusine a la faculté de fixer l'azote en quantité exceptionnelle pour une graminée. Cette fixation d'azote est très variable suivant l'humidité, le type de sol, la fertilisation et la variété (5)(6), allant de 20 à 145 kg N/ha(5) et pouvant atteindre 70 kgN/ha en quelques mois. Elle correspond en moyenne à environ 40 kg N/ha.



Au delà de la fixation d'azote, l'éleusine a la capacité de recycler de grandes quantités de potasse, de calcium, de magnésium (au niveau des feuilles) et de fer (au niveau des racines).

L'éleusine est donc fortement recommandée pour améliorer rapidement des sols, en un très court laps de temps.

Contrôle des adventices

Eleusine coracana, malgré sa croissance rapide, est relativement peu compétitive par rapport aux adventices et peut nécessiter des désherbages, en particulier sur sols pauvres. Ce désherbage peut être difficile en présence d'*Eleusine indica*, une espèce très proche et difficile à distinguer.

Une fois installée, la forte production de biomasse permet de créer une couverture végétale qui contrôle bien de nombreuses adventices pour le cycle de culture suivant.

Cependant, *Eleusine coracana* est une plante hôte du striga (*Striga asiatica, S. lutea, S. hermontica* (2)), plante parasite des graminées.



Striga asiatica *parasite d'*Eleusine coracana

Activité biologique et contrôle des bioagresseurs

Eleusine coracana n'est pas une plante hôte de *Rotylenchus reniformis* et permet de réduire les populations de ce nématode. En revanche, elle ne semble pas avoir d'effet sur *Meloïdogyne sp* (4).

L'éleusine a la capacité d'inhiber l'α-amylase ce qui explique que ses graines se conservent très longtemps, sans aucun dégât d'insecte. Cette capacité à inhiber l'α-amylase en fait une plante utilisable pour lutter contre différents insectes comme *Callosobruchus chinensis, Acaea janata, Carcyra cephalonica, Tribolium castaneum* ou *Sitophilus oryzae*, le charançon du riz (4).

Eleusine coracana

L'éleusine, en particulier quand elle est associée à de la crotalaire ou du cajanus, semble réduire la pyriculariose sur la culture de riz lui succédant. De telles associations, suppressives de la pyriculariose, peuvent constituer un outil majeur pour la lutte contre cette maladie fongique très dommageable à la production.



Fourrages et production animale

La paille d'éleusine est un fourrage fibreux, de qualité moyenne, mais qui peut être utilisé en foin ou après ensilage. Il est donc possible d'utiliser une partie de la biomasse produite par l'éleusine pour l'alimentation du bétail, en prenant garde à restituer au sol une biomasse suffisante pour assurer les fonctions recherchées (couverture du sol, séquestration de carbone, contrôle des adventices, etc.). Certaines variétés peuvent cependant produire de l'acide cyanhydrique toxique (2).

Les graines d'éleusine sont en revanche un aliment d'excellente qualité. Elles peuvent être utilisées pour l'alimentation des porcs et des volailles, mais sont mal digérées par les ruminants.

Intégration dans les systèmes de cultures.

Cultures possibles en succession intra-annuelle

L'éleusine est photopériodique et nécessite des températures élevées pour une bonne croissance. Sa croissance en contre-saison ou en relais de la culture principale est très faible. En conséquence, elle ne doit être installée que durant la saison de culture.

A Madagascar, où elle n'est pas consommée, elle est donc essentiellement utilisée en association avec une culture. Toutefois, elle pourrait être utilisée en culture pure ou associée à du cajanus pour la production de graines, qui pourraient être utilisées soit pour la consommation humaine (en pur), soit pour l'alimentation animale.

Elle pourrait aussi être installée en pur pour préparer une culture, quand le climat permet de la cultiver avant ou après la culture principale ou quand l'espace disponible permet de se satisfaire d'une production de culture uniquement une année sur deux au niveau d'une parcelle.



Maïs + Eleusine + Crotalaire

Cultures possibles en association

L'éleusine s'associe facilement avec une culture de maïs, de sorgho ou de mil, en prenant garde à lui laisser suffisamment de lumière, l'éleusine se développant mal sous fort ombrage. Il est aussi possible de l'associer au manioc.

Il est aussi intéressant d'associer l'éleusine à d'autres espèces de plantes de couverture, et en particulier des légumineuses comme le cajanus, les crotalaires, le sesbania ou encore le stylosanthes. Ainsi, une association maïs + éleusine + cajanus ou crotalaire est très intéressante, permettant la production de maïs mais aussi d'une forte biomasse. Des mélanges multi-espèces avec l'éleusine peuvent aussi intégrer d'autres familles de plantes, comme les amaranthes ou le radis fourrager.

Cultures possibles en succession inter-annuelle



L'éleusine, en particulier quand elle est associée à une légumineuse, est un excellent précédent pour la culture du riz pluvial, permettant d'améliorer à la fois :

* la structure du sol par les systèmes racinaires très puissants des plantes de couverture, et
* la fertilité du sol, avec une fixation importante d'azote par l'éleusine et les légumineuses.

De plus, cette association permet de réduire les attaques de pyriculariose sur le riz, ce qui en fait un système particulièrement intéressant.

L'éleusine est également un excellent précédent pour la culture du cotonnier.

Eleusine coracana

Facilité de gestion



Un des intérêts de l'éleusine est sa facilité de gestion. La production de semences est aisée.

L'installation de l'éleusine peut se faire manuellement ou mécaniquement, en poquets ou à la volée. Son contrôle ne nécessite pas d'herbicide ou de connaissances particulières.

De plus, elle peut s'associer facilement à de nombreuses plantes.

Toutes ces caractéristiques en font une plante très facile à gérer.

Intérêts économiques

Consommation humaine



Un des intérêts de l'éleusine, malheureusement inexploité à Madagascar, est qu'elle est consommable par les hommes. Son grain est riche en protéines (6 à 14%), huile (1 à 1,4%), acides aminés essentiels (dont la methionine, 3%) et éléments minéraux (1). Il peut être consommé en farine, ou utilisé pour la production d'alcool.

L'éleusine constitue d'ailleurs une céréale de base dans de nombreuses régions sèches en Inde et au Sri Lanka. Ses graines se conservent de nombreuses années et sa qualité s'améliore même avec le stockage. L'éleusine représente ainsi un aliment de réserve essentiel pour faire face aux périodes de famine(2).

De plus, l'éleusine est une plante diurétique et vermifuge, aussi utilisée contre la lèpre, la pneumonie, la variole, la rubéole et les maladies du foie (2).

Fixation d'azote

La capacité de l'éleusine à fixer de l'azote permet d'augmenter les rendements des cultures lui succédant, et/ou de réduire les apports d'engrais minéraux, améliorant ainsi les performances économiques du système.

Intérêts environnementaux



Sur le plan environnemental, l'éleusine est avant tout intéressante pour sa production rapide de biomasse et son système racinaire puissant, ce qui lui permet d'«injecter» dans le sol une forte quantité de matière organique, contribuant à la séquestration rapide de carbone.

Précautions et limites

La principale limite de l'éleusine est sa faible compétitivité par rapport aux adventices, qui peut rendre difficile sa bonne installation. De plus, le contrôle des adventices dans la culture suivante dépend fortement de la quantité de biomasse produite par la couverture végétale. En conséquence, une mauvaise implantation de l'éleusine peut conduire à un mauvais contrôle des adventices dans la culture suivante, ce qui pourra exiger un travail de désherbage important ou l'utilisation d'herbicides.

Une autre limite de l'éleusine est que sa biomasse est très vite dégradée par les termites ou les criquets, ce qui fait que la couverture végétale résiduelle au moment du semis peut être très faible dans les zones à forte pression de ces insectes.

De plus, il est parfois difficile de prédire le comportement de l'éleusine sur certains sols, probablement en relation avec des carences en oligo-éléments difficiles à anticiper. En cas d'incertitude sur un sol, il est nécessaire de tester le comportement de l'éleusine avant de la proposer à la diffusion à large échelle.



Mélange d'Eleusine coracana

Variétés et espèces recommandées

Les variétés d'*Eleusine coracana* sont classées en premier lieu par couleurs (brun-rouge, vert, blanc). Diverses variétés ont été testées à Madagascar (Ragi, PG 6240,PG 94, etc.).

La diffusion de cette espèce s'est cependant faite sous forme d'un mélange de diverses variétés, avec un cycle de 3,5 à 4 mois.

Eleusine coracana

Gestion de la plante

Comment l'implanter ?

Quand et comment semer

L'implantation de l'éleusine peut se faire en poquets, en lignes ou à la volée.

Pour un semis à la volée (8-10 kg/ha) en année «zéro» de préparation de biomasse, après labour, un passage de rouleau est recommandé pour assurer un bon contact des graines avec le sol.

Pour un semis en lignes ou en poquets, les graines d'éleusine qui sont très petites ne doivent pas être placées trop profond et rester entre 0,5 et 1 cm de profondeur. L'espacement entre lignes ou entre poquets peut se faire à densité variable. Plus la densité est élevée, plus la couverture du sol est rapide. Les lignes et les poquets peuvent donc être espacés de 20 à 50 cm. Cet espacement de l'éleusine dépend avant tout de l'agencement de la plante à laquelle elle est associée (maïs, sorgho, etc.).

Pour un semis du maïs ou du sorgho en rangs simples, espacés de 0, 8 à 1 m, deux lignes d'éleusine (espacées d'environ 30 cm) peuvent être installées entre les rangs de maïs.



Trois rangs d'éleusine entre les doubles rangs de maïs

Pour un maïs ou un sorgho installé en doubles rangs espacés de1,2 m à 1,5 m, trois lignes d'éleusine (espacées de 30 à 40 cm) peuvent être installées entre les doubles rangs de la céréale principale.

Pour une association triple (Maïs ou sorgho + éleusine + cajanus ou crotalaire), il est possible:

* de remplacer une ligne sur deux d'éleusine par une ligne de cajanus ou de crotalaire, ou

* d'alterner sur les lignes graminée et légumineuse. Cette dernière disposition est plus longue à installer mais permet une meilleure répartition de l'azote qui facilite la gestion l'année suivante. Elle n'est cependant pas indispensable, l'éleusine étant une graminée fixant de l'azote ce qui réduit les hétérogénéités.

Dans tous les cas, le semis de la culture et de l'éleusine (et éventuellement des plantes associées) se fait en même temps.

Traitement des semences

Aucun traitement de semence n'est nécessaire pour l'éleusine. Cependant, pour une meilleure germination, les semences d'éleusine peuvent être traitées à l'acide, ou scarifiées par passage au papier de verre.

Fertilisation

L'éleusine ne nécessite pas de fertilisation particulière. Elle bénéficie de la fertilisation apportée à la culture à laquelle elle est associée. Toutefois, sur sol carencé en oligo-éléments, un apport de ces éléments est nécessaire pour une bonne croissance de l'éleusine.

Gestion de l'enherbement

L'éleusine est assez peu compétitive vis-à-vis des adventices. En cas de forte pression, elle nécessite un travail de désherbage, difficile à envisager en culture pure, pour une plante de couverture. Par contre, installée en association avec du maïs ou du sorgho, elle peut bénéficier du contrôle des adventices effectué pour la culture. Cependant, pour une gestion par herbicides, les matières actives employées doivent être adaptées pour ne pas nuire à l'éleusine. De plus, dans le cas d'un nettoyage manuel, les temps de travaux peuvent être augmentés du fait de la présence de l'éleusine.

Eleusine coracana

Protection phytosanitaire en végétation

L'éleusine est une plante très robuste, beaucoup moins sensible aux pestes et aux maladies que les autres plantes à graines. Elle ne nécessite pas de traitement phytosanitaire particulier. A noter toutefois que l'éleusine est une plante hôte de diverses espèces de pyriculariose, dont *Pyricularia oryzae* et *Pyricularia grisea* (2).

Production de semences / Récolte



La production de semences est très facile. La production moyenne est d'environ 1 t/ha, mais peut atteindre 5 t/ha sur les meilleurs sols(1). La récolte peut se faire par fauche, ou simple collecte épi par épi.

Un des intérêts de l'éleusine est l'exceptionnelle conservation de ses graines qui peuvent rester viables pendant près de 50 ans, sans aucun traitement (2).

Utilisation comme fourrage

La paille d'*Eleusine coracana* peut être utilisée comme fourrage, avant maturation des graines car sa qualité baisse rapidement après maturation. Pour 100 g. de paille, on trouve 3,7 g. de protéines, 0,9 g. de lipides, 87,3 g de sucres ainsi que 1,1 g de calcium, et 1,5 g de potassium (2). Ces pailles peuvent cependant être très fibreuses, ce qui fait de l'éleusine un fourrage grossier.

Les graines d'éleusine en revanche sont très riches et constituent un excellent aliment pour le petit bétail, en particulier les porcs et les volailles.

Utilisation comme couverture végétale

Plante annuelle, l'éleusine se contrôle facilement par simple fauche ou passage d'un rouleau à cornières après floraison. Afin d'éviter les repousses d'éleusine dans la culture suivante, il est nécessaire de la contrôler avant maturité des graines.

Si avant le semis de la culture, des adventices ou des graines d'éleusine (si le contrôle s'est fait après maturation) ont levé, il est nécessaire d'appliquer 360 à 480 g/ha de glyphosate (sur les graminées annuelles) et/ou 720 g/ha de 2,4-D (plantes annuelles à feuilles larges) pour préparer la couverture végétale. Dans le Moyen-Ouest malgache, la forte pression de *Roettboellia cochinchinensis* qui n'est que partiellement contrôlée par la couverture d'éleusine rend souvent nécessaire l'application d'herbicide.

Pour l'installation d'une céréale comme le riz dans des résidus d'éleusine, il est conseillé d'apporter 15 à 20 kg d'azote/ha (soit 30 à 45 kg/ha d'urée) au semis pour éviter les blocages d'azote en début de cycle. Cet apport n'est pas nécessaire si l'éleusine était associée à une légumineuse comme le cajanus ou la crotalaire.



Riz pluvial sur résidus d'éleusine

Principales références bibliographiques utilisées

(1) FAO http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/Safricadata/eleucor.htm.

(2) http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/eleusine_coracana.html

(3) http://ecoport.org/ep?Plant=5657&entityType=PL****&entityDisplayCategory=full

(4) Quaranta, B. 2009. Effet des plantes de service sur les bioagresseurs des cultures. Rapport de stage. ISTOM/CIRAD. 90 p.
http://agroecologie.cirad.fr/content/download/7913/40291/file/etude_bioagresseurs_quaranta.pdf

(5) Upadhyaya, M.N.; Hedge, S.V.; Rai, P.V.; Wani, S.P. Root-associated nitrogen fixation in finger millet. 1986. Cereal nitrogen fixat ion. Proceedings of the Working Group Meeting, 9-12 Oct 1984, ICRISAT Center, India.

(6) Weinhard, P.; Balandreau, J.; Rinaudo, G. & Dommergues, Y. 1971. Fixation non symbiotique de l'azote dans la rhizosphère de quelques non-légumineuses tropicales. Rev. Ecol. Biol. Sol, 1971, T. VIII, 3, 367-373.

Eleusine coracana

En résumé

✓ **Graminée annuelle, photopériodique**

✓ **Cycle court (3 à 4 mois pour les variétés utilisées à Madagascar), ce qui permet une très forte production de biomasse en un temps limité (plus de 12 t/ha de biomasse aérienne et racinaire)**



*Système racinaire extrêmement puissant d'*Eleusine coracana

✓ **Plante de climat chaud, à croissance maximale à 27°C et pouvant produire jusqu'à plus de 35°C.**

✓ **Faibles besoins en eau**

✓ **Très forte fixation de carbone et excellente restructuration du sol grâce à son système racinaire extrêmement puissant**

✓ **Capacité importante à fixer de l'azote, exceptionnelle pour une graminée**

✓ **Excellent précédent du riz ou du cotonnier**

✓ **Contrôlé par simple fauche après la floraison**

✓ **Facile à gérer, ne demandant pas de moyens ou de connaissances particulières**

✓ **Graines comestibles, d'excellente qualité et bon fourrage en paille**

✓ **S'associe facilement à d'autres plantes de couverture: crotalaire, cajanus, radis fourrager, sesbania, amaranthes, etc.**



Eleusine coracana

mais :

× **Besoins en températures élevées.**

× **Plante gélive, pas adaptée aux faibles températures**

× **Photopériodique, cultivable uniquement en saison**

× **Pas adaptée aux sols dégradés**

× **Peu compétitive par rapport aux adventices**

× **Ne supporte pas la submersion**

× **Biomasse très appréciée des termites et criquets**

× **Plante hôte du striga**

Edition : GSDM/CIRAD - Photos et mise en page : Olivier HUSSON / Dessins: RAMAFA



Brachiaria sp.

B. ruziziensis, B. brizantha, B. decumbens, B. humidicola

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,
Krishna NAUDIN, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Septembre 2008

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd Agence Française de Développement

mae p Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Brachiaria sp.

Caractéristiques générales des brachiarias

Les brachiarias sont des graminées (Famille des *Poaceae*) pérennes herbacées de type C4, originaires d'Afrique mais très largement répandues dans le monde inter-tropical. Les différentes espèces présentées ici produisent toutes une forte biomasse (fourrage de qualité), sont capables de supprimer les adventices et ont un système racinaire puissant et profond, capable de décompacter les sols, de les restructurer, d'injecter du carbone en profondeur et de recycler efficacement les nutriments lixiviés (rôle de "pompe biologique").



Inflorescences de B. ruziziensis

Brachiaria ruziziensis

Nom scientifique et synonymes :

Brachiaria ruziziensis, Urochloa ruziziensis

Noms communs : Ruzi, Congo grass

Description :

Brachiaria ruziziensis est une graminée herbacée, semi-érigée à rampante, originaire d'Afrique centrale (Burundi, Rwanda, et la plaine Ruzizi au Zaïre). Il se développe en touffes (1m à 1,5 m à la floraison) qui s'étalent sur le sol quand il n'est pas coupé, formant un tapis dense. Les feuilles vert tendre sont velues et font jusqu'à 25 cm de long, pour 1 à 1,5 cm de large. Ses inflorescences portent 3 à 9 racèmes relativement longs (4 à 10 cm), portant des épillets sur un ou deux rangs, sur un côté d'un rachis large et aplati. Les épillets sont velus, faisant 5 mm de long. Le poids de 1000 graines est d'environ 4 grammes. *B. ruziziensis* est très étroitement apparenté à *B. decumbens*[(1)(2)].



Racines de B. ruziziensis

Les semences ont un taux de dormance très élevé après la récolte (moins de 20% de germination). La dormance initiale est physiologique, alors que la dormance à long terme est mécanique[(1)(2)].

Son système racinaire fasciculé est composé de nombreuses racines, denses et capables de se développer en profondeur (plus de 1,8 m). Il présente des petits rhizomes. Des pousses repartent à partir des noeuds des tiges rampantes et des stolons qui développent des racines, et des rhizomes. Sa production de biomasse est forte et rapide en saison chaude et humide, mais chute fortement en période froide et/ou sèche. Dans les meilleures conditions, avec une forte fertilisation azotée, elle peut atteindre 25 t/ha de matière sèche pour la biomasse aérienne, en deuxième année quand la production est maximale .



Enracinement de B. ruziziensis *au niveau des noeuds*

Cycle :

B. ruziziensis est une espèce pérenne, de durée de vie assez courte (3 à 5 ans environ). Diploïde, à fort taux d'autopollinisation[(1)], il se multiplie par graines et par ses organes végétatifs (production de racines sur les noeuds des tiges, possibilité de multiplication par éclats de souches). Sa vigueur au départ et sa croissance rapide lui permettent de dominer les adventices. Plante photo-périodique, il fleurit quand les jours se raccourcissent, entre février-mars (Sud-Est) et avril-mai (hautes terres) à Madagascar (à l'automne dans l'hémisphère nord).

Brachiaria sp.

Brachiaria brizantha et *Brachiaria decumbens*

Nom scientifique et synonymes de *B. brizantha* :
Brachiaria brizantha, Urochloa brizantha, Panicum brizanthum

Noms communs de *B. brizantha* : Brizantha, Palisade grass, Signal grass, beard grass

et

Nom scientifique et synonymes de *B. decumbens* :
Brachiaria decumbens, Urochloa decumbens

Noms communs de *B. decumbens* : Decumbens, Signal grass, Surinam grass



Inflorescences de B. brizantha cv Marandu

Description :

Brachiaria brizantha et Brachiaria decumbens sont des graminées, semi-érigées à érigées, originaires d'Afrique (de la Côte d'Ivoire à l'Ethiopie et l'Afrique du Sud pour *B. brizantha*, d'Afrique centrale pour *B. Decumbens*). *B. brizantha* est très étroitement apparenté à *B. decumbens* et il peut être difficile de les différencier. La principale variété de *B. decumbens* (cv Basilisk) très largement répandue dans le monde a même été reclassée comme *B. brizantha* récemment [2].



Inflorescences de B. decumbens

B. brizantha se développe plus en touffes que *B. decumbens* qui s'étale plus et forme une couverture très dense. La forme de leur rachis, l'arrangement et la texture de leurs épillets diffèrent légèrement[1]. Ils se développent en larges touffes (1m à 1,5 m de haut et jusqu'à 2 m pour *B. brizantha*) qui s'étalent si la plante n'est pas coupée. Les feuilles vert foncé sont glabres ou légèrement velues et font jusqu'à 100 cm de long, pour 1,5 à 2cm de large pour *B. brizantha* alors qu'elles sont plus petites (25 cm) pour *B. decumbens* Les inflorescences sont des panicules composées de 2 à 7 racèmes (*B. decumbens*, jusqu'à 16 racèmes pour *B. brizantha*), relativement longs (4 à 20 cm), portant des épillets elliptiques, glabres, faisant 4 à 6 mm de long. Ces épillets sont arrangés en doubles rangs chez *B. decumbens* alors qu'ils sont sur un seul rang pour *B. brizantha*[1]. Le poids de 1000 graines est d'environ 3,6 grammes pour *B. decumbens*[1]. Les semences ont un taux de dormance très élevé après la récolte qui peut perdurer 6 mois, les semences restant viables jusqu'à trois ans[1][2]. La dormance initiale est physiologique, alors que la dormance à long terme est mécanique. [1].

Les deux espèces ont un système racinaire fasciculé composé de très nombreuses racines, denses et capables de se développer en profondeur (plus de 1,8 à 2 m, les racines de *B. decumbens* étant plus fines et plus longues que celles de *B. brizantha*). Elles présentent de petits rhizomes.

De nombreuses pousses repartent à partir des noeuds des tiges (bien que dans une moindre mesure que *B. ruziziensis)*, et surtout des stolons et des rhizomes qui développent des racines.

Le fort pouvoir de restructuration et d'aération du sol et la sécrétion d'exudats racinaires permettent de relancer l'activité biologique et de



Système racinaire puissant de B. brizantha, *avec rhizomes*

Brachiaria sp.



Développement de mycorhizes associées aux racines de B. brizantha

favoriser le développement de champignons type mycorhizes, associés aux racines.

La production de matière sèche est de manière générale plus élevée que celle de *B. ruziziensis*, pouvant varier (en fonction de la fertilité et du climat) de 6-8 tonnes de matière sèche par hectare à plus de 25 t/ha (*B. brizantha*) et jusqu'à 30 t/ha (*B. decumbens*[1]) dans les meilleures situations. Elle chute durant les périodes froides et/ou sèches.

Cycle :

B. brizantha et *B. decumbens* sont deux espèces pérennes, de durée de vie moyenne (5 ans environ). Ils se multiplient par graines et végétativement (production de racines sur les noeuds des tiges rampantes et des stolons, possibilité de multiplication par éclats de souches).

Tous deux sont des tetraploïdes apomictiques, *B. brizantha* pouvant être diploïde[1].

Leur vigueur au départ et leur croissance rapide leurs permettent de dominer les adventices.

Probablement non photopériodiques, ils fleurissent à Madagascar entre février et mars dans le Sud-Est et de février à mai sur les hautes terres. Ils fleurissent à l'automne (septembre-octobre) dans l'hémisphère nord (Vietnam).

Brachiaria humidicola

Nom scientifique et synonymes :

Brachiaria humidicola, Urochloa humidicola, Panicum humidicola

Noms communs : Humidicola, Koronivia grass, creeping signal grass



Inflorescences de B. humidicola

Description :

Brachiaria humidicola est une graminée , semi-érigée à prostrée, originaire d'Afrique (de l'Ethiopie à l'Afrique du Sud). Les feuilles vert brillant sont glabres ou légèrement pileuses, pointues, lancéolées, faisant 6-15 mm de large et jusqu'à 25 cm de long. Les tiges portant les inflorescences sont érigées, faisant jusqu'à 60 cm de haut. Les inflorescences font 7 à 12 cm de long, supportant 2 à 5 racèmes ressemblant à des épis, espacés sur un axe central. Les racèmes font 2,5 à 5,5 cm, vert clair marqués de pourpre. Les épillets font 4,5 à 5,5 mm de long, également verts et pourpres. Le poids de 1000 graines est d'environ 5 grammes [1]. La production de semence est très limitée à basse altitude ou latitude. En revanche, elle est excellente sur les hautes terres malgaches. Les semences peuvent être dormantes pendant 9 mois [1].



Système racinaire très dense et puissant de B. humidicola

Son système racinaire fasciculé très dense présente de nombreux rhizomes et des grosses racines capables de se développer en profondeur (plus de 1,8 à 2 m). Sa capacité à se multiplier végétativement par rhizomes, et production de racines depuis les stolons et les noeuds des tiges couchées lui permet de coloniser rapidement à partir d'un pied (jusqu'à 8 mètres en un an dans le sud-est humide de Madagascar).

Brachiaria sp.



Forte production de biomasse et couverture du sol par B. humidicola

Cycle :

B. humidicola est une espèce pérenne, de durée de vie d'environ 5 ans. Il se multiplie par graines et végétativement.

Sa photopériodicité est mal connue. Il semble être une plante de jours longs au Brésil et en Australie[1], tout comme à Madagascar où il fleurit à la fin de l'été, de janvier à avril, quand les jours sont longs et raccourcissent et dans le nord du Vietnam où il fleurit en septembre. Des conditions de stress (sécheresse, sols très dégradés, etc.) semblent le pousser à fleurir en dehors de ces périodes.

La production de biomasse est fortement influencée par le niveau de fertilité mais peut atteindre plus de 30 t/ha/an avec une forte fertilisation azotée, en milieu tropical humide.

Où recommander ces plantes?

Zones climatiques



Toutes zones

Ces différentes espèces de brachiarias sont adaptées à toutes les zones climatiques de Madagascar, avec cependant des caractéristiques légèrement différentes qui font que certaines espèces sont mieux adaptées que d'autres dans certaines zones :

* *B. brizantha* et surtout *B. decumbens* qui résistent au gel beaucoup mieux que *B. humidicola* et *B. ruziziensis* sont mieux adaptés à l'altitude (au dessus de 1500 à 1 600 m sur les hautes terres malgaches). *B. ruziziensis*, le plus sensible, sera tué par un gel fort et redémarrera très lentement après un gel léger alors que *B. decumbens* ou *B. brizantha* verront leurs feuilles brunir mais repartiront rapidement. Ces derniers restent verts et leur croissance en saison froide y est également très supérieure à celle de *B. ruziziensis* qui a besoin de températures élevées.

* *B. humidicola* survivra à 7 mois de saison sèche, restera vert et continuera à produire pendant une saison sèche modérée (3 mois). *B. decumbens* et *B. brizantha* se comporteront le mieux dans les climats à longue saison sèche, pouvant rester verts pendant 5 à 6 mois, alors que *B. ruziziensis* aura du mal à survivre pendant plus de 4 à 5 mois, produisant très peu de biomasse pendant la période sèche[1][2]. Il n'est pas recommandé dans les climats à faible pluviométrie (moins de 800 mm de pluie par an environ) avec une longue saison sèche (supérieure à 7 mois). Il peut cependant bien se développer dans des conditions particulières de faible pluviométrie mais de fort taux d'humidité dans l'air (proximité de la mer par exemple) comme dans le grand Sud malgache.



Reprise de B. ruziziensis *après un gel modéré*

Situation (sol et régime hydrique)

** Où les recommander*

Le genre *Brachiaria* est globalement bien adapté aux sols acides, avec cependant des différences entre espèces:

* *B. decumbens* est particulièrement bien adapté aux sols acides (jusqu'à pH 3,5) et supporte des niveaux de saturation en aluminium très élevés grâce à son aptitude à le "neutraliser" par chélation avec citrates et malates. Ses racines plus longues et fines que les autres brachiarias lui donnent une meilleure aptitude à extraire le phosphore et l'azote du sol[1].

* *B. brizantha* est lui aussi très bien adapté aux sols acides mais aussi aux sols basiques (pH 4 à 8) et tolère de fortes concentrations en aluminium.

Brachiaria sp.

* *B. humidicola* a la plus large plage de pH, se comportant très bien à des pH très acides (3,5) mais aussi sur des sols basiques[1].

* *B. ruziziensis* est moins bien adapté aux sols acides que les espèces précédentes mais reste tolérant à l'acidité (jusqu'à pH 4,5).

Tous les brachiarias sont capables de se développer sur sols compactés, *B. humidicola* ayant le système racinaire le plus puissant, *B. ruziziensis* ayant celui le moins puissant des 4 espèces sur la durée totale du cycle. Cependant, sur les trois premiers mois de croissance après semis, *B. ruziziensis* est celui qui produit le plus de biomasse (aérienne et racinaire), ce qui en fait une espèce fourragère et régénératrice de la fertilité des sols de tout premier plan pour le semis direct dans les successions annuelles et l'intégration agriculture-élevage.

Ils répondent tous très bien à la fertilisation (P et N en particulier) mais sont capables de se développer sur des sols de faible fertilité, en particulier *B. humidicola* qui est capable d'extraire le phosphore et le calcium à des niveaux de concentration très faibles dans le sol. Sur des sols très dégradés, *B. humidicola* a toutefois du mal à supporter une longue saison sèche (préférer alors *B. brizantha*).



B. humidicola *et* B. mutica *en bordure de bassin*
Photo: Rakotondramanana

B. ruziziensis est le plus exigeant et se développera moins bien sur des sols de fertilité très basse sans apport de phosphore et d'azote en particulier.

Les brachiarias poussent indifféremment sur tous types de texture de sols (sableux à argileux, à condition d'être bien drainés), mis à part *B. ruziziensis* qui préfère les sols sableux ou limoneux.

Les brachiarias ont en général une tolérance faible à l'engorgement et nécessitent des sols bien drainés, sauf *B. humidicola* qui tolère très bien un engorgement même prolongé et peut être installé sur des sols hydromorphes. *B. humidicola* supporte aussi l'inondation (alors que les trois autres espèces la supportent très mal), bien que dans une moindre mesure qu'une autre espèce, *B. mutica,* qui peut être intéressante pour la production de fourrages en zone submersible.

* Où ne pas la recommander

Mis à part pour *B. humidicola* et *B. mutica*, éviter les sols à risque d'engorgement ou d'inondation, et tout particulièrement pour *B. decumbens*[1].

Peu résistants au gel, *B. ruziziensis* et *B. humidicola* ne sont pas recommandés au dessus de 1500 m d'altitude, d'autant plus que leur croissance y est lente (quasiment nulle au dessous de 15°C).

Il ne faut pas recommander ces plantes à des paysans souhaitant remettre en culture leurs parcelles après amélioration du sol par les brachiarias mais qui ne pourraient pas avoir accès à l'herbicide nécessaire pour les contrôler.



Recharge en carbone et restructuration du sol sous B. ruziziensis

Pourquoi recommander cette plante?

Intérêts agronomiques

Un des principaux intérêts de ces 4 espèces de brachiaria est qu'elles sont capables de remobiliser rapidement de la fertilité au profit des cultures, en particulier sur des sols ferrallitiques acides fortement désaturés et plus ou moins dégradés. Ces sols représentent dans le monde tropical des dizaines de millions d'hectares défrichés mais qui sont inexploitables avec travail du sol sans apports massifs

Brachiaria sp.



*Forte production de biomasse sur sol dégradé (*B.brizantha cv Marandu*)*

d'amendements et d'engrais minéraux.

Un autre intérêt majeur est leur capacité à restructurer rapidement des sols compactés, même en profondeur. *B. humidicola*, au système racinaire le plus puissant est le plus rapide et le plus efficace pour cela. *B. brizantha* et *B. decumbens* sont également très performants alors que le *B. ruziziensis*, au système racinaire moins puissant prendra un peu plus de temps.

Structure du Sol – Saison suivante

Ces 4 espèces permettent également d'obtenir une très forte production de biomasse, en particulier grâce à leur cycle en C4 et leur capacité à extraire des éléments nutritifs comme le phosphore. La très forte production de biomasse aérienne (plus de 20 tonnes de matière sèche par hectare pour les parties aériennes et 5 t/ha pour les racines) permet d'injecter rapidement du carbone, dans les horizons de surface (en très forte quantité) mais aussi directement en profondeur (où ce carbone sera protégé) grâce aux racines. La structure du sol en est améliorée, durablement.

Recharge du sol en carbone



Reprise rapide de B. humidicola *après passage de feu*

Les brachiarias sont en conséquence parmi les plantes les plus efficaces pour décompacter rapidement les sols et augmenter leur taux de matière organique, en particulier les sols acides comme les sols ferrallitiques de Madagascar.

D'autre part, les brachiarias et en particulier *B. humidicola*, grâce à leur vigueur et leur croissance rapide, et leur capacité à se multiplier végétativement, sont capables de dominer la plupart des adventices, annuelles ou pérennes comme *Imperata cylindrica, Rottboelia exaltata* ou le striga. La forte production de biomasse permet également de maintenir une couverture végétale suffisante pour contrôler les adventices la saison suivante.

Contrôle des adventices

Bien que n'étant pas des légumineuses, leur association avec des bactéries libres fixatrices d'azote leur permet de fixer jusqu'à 50 unités N/ha/an, quantité non negligeable.

Fourrage

Les brachiarias sont d'excellents fourrages qui permettent d'améliorer les rations des animaux tout au long de l'année.

B. humidicola ne brûle pas facilement et survivra à des feux occasionnels, tout comme *B. brizantha*. *B decumbens* est peu sensible au feu et redémarrera rapidement par ses graines et ses stolons[(1)]. *B. ruziziensis* redémarrera également après le passage de feu.

Enfin, la paille de brachiaria n'est pas mangée par les termites, phénomène observé pour *B. ruziziensis* au Nord Cameroun et à Madagascar, et pour *B. humidicola* sur la côte Est malgache alors que sorgho, maïs et mil étaient largement consommés par ces insectes. Cela permet de maintenir un paillage sur le sol pour la culture en semis direct la saison suivante.



Bouturage de brachiaria dans le haricot

Intégration dans les systèmes de cultures

Cultures possibles en association ou succession

Etant très compétitifs par leur capacité à se développer rapidement, même sur des sols pauvres, les brachiarias doivent être associés aux cultures avec précaution. La compétition entre les cultures et les brachiarias peut être évitée de différentes façons. On peut pour cela :

Brachiaria sp.

* décaler dans le temps l'implantation du brachiaria par rapport à la culture principale (les brachiarias utilisent bien les dernières pluies et peuvent se développer durant une partie de la saison sèche)

* localiser les semences de brachiaria suffisamment profond (4 à 7 cm) pour en retarder l'émergence.

* adapter les espacements entre culture et brachiaria

* localiser la fertilisation au pied de la culture pour la favoriser

* faucher régulièrement le brachiaria qui pourrait faire de la compétition.



Croissance rapide du brachiaria après la récolte du riz

Ils peuvent ainsi être associés à des cultures comme le riz ou surtout le maïs sur des sols riches ou fertilisés, ou du manioc sur des sols pauvres. L'association manioc + brachiaria par exemple, bien gérée, bénéficie très fortement au manioc et permet de doubler ou tripler les rendements par rapport à la culture pure du manioc dans les régions où la pluviométrie supérieure à 800 mm/an n'est pas un facteur limitant. L'association riz + *B. ruziziensis* peut être pratiquée avec succès pour l'installation de pâturage. Le brachiaria doit alors être associé à un riz de cycle très court (90-100 jours) qui est implanté en semis simultané ou décalé de 20 jours. Ces systèmes appelés "Barreirâo" ou "Santa Fé" dans le centre du Brésil permettent de pratiquer un élevage bovin plus intensif, le riz servant à couvrir les frais d'implantation et/ou de rénovation du pâturage pour 4 à 5 ans d'exploitation.



Association Maïs + Brachiaria

Les brachiarias peuvent aussi être associés à des légumineuses (comme *Stylosanthes guianensis, Arachis pintoï* ou *Cajanus cajan)* dans un pâturage pérenne.

Moyennement tolérants à l'ombrage, ils peuvent cependant être utilisés en couverture vive des vergers ou plantations, en les maîtrisant par fauche manuelle ou mécanisée (gyrobroyeur décalé) sur les lignes d'arbres. Sur sols compactés, ils peuvent être très intéressants pour l'amélioration de la structure du sol avant plantation d'arbres qui bénéficieront du travail des racines puissantes et de la recharge du sol en carbone. L'association avec une légumineuse (type *Acacia sp.*) permet également un meilleur développement du brachiaria qui profite de la fixation d'azote par l'arbre.

Cultures possibles en rotation

Par leur capacité à restructurer les sols et à contrôler les adventices, les brachiarias sont d'excellents précédents pour toutes les cultures qui exigent une bonne porosité: le riz en particulier bénéficiera largement de ses effets. Cependant, la culture en SCV de céréales dans un paillage de graminée peut fortement souffrir d'une faim d'azote (immobilisation temporaire de l'azote par les bactéries dans les premiers stades de décomposition du paillage), si la couverture n'a pas été contrôlée suffisamment tôt et/ou sans apport d'azote conséquent au semis (50 kg N/ha au semis).



Arachide sur couverture morte de brachiaria

Brachiaria sp.

La culture de légumineuses (soja, haricot, niébé, arachide, dolique, *vigna umbellata*, etc.) après brachiaria permet d'éviter ce problème et permet généralement un gain de rendement considérable. Le contrôle chimique des éventuelles repousses de brachiaria dans une culture de légumineuse est également plus facile que dans une culture de riz. Pour que la culture bénéficie de ces effets bénéfiques, il faut cependant que le brachiaria se soit suffisamment développé, ce qui peut prendre plus d'une année en conditions défavorables (sols très dégradés, climat subtropical avec saison froide, climat semi-aride).

Gestion des systemes SCV avec brachiarias

Les brachiarias sont relativement faciles à gérer en SCV et offrent une grande souplesse sur les calendriers de culture en semis direct :

* La période possible de plantation s'étale sur plusieurs mois (novembre à février dans la plupart des zones agro-écologiques de Madagascar, toute l'année dans le Sud-Est humide).

* Si le brachiaria s'est développé rapidement, il peut être remis en culture directement après une période de croissance relativement courte (5- 6 mois). Toutefois, en cas d'impossibilité de remise en culture (accident, maladie, manque de moyens, etc.) il peut être laissé en place une ou plusieurs années ce qui permettra l'amélioration du sol, la production d'une biomasse très importante et l'utilisation éventuelle pour l'alimentation animale.



Association Manioc + B. ruziziensis

* En cas de développement insuffisant la première année, il peut être laissé en jachère améliorée (ou pâturage). On peut aussi y implanter du manioc (et même du maïs en altitude où le brachiaria se développe plus lentement), en le contrôlant simplement (par fauchage). Cela permettra au brachiaria de se développer et de produire une forte biomasse tout en produisant des grains ou des tubercules et donc sans immobiliser la terre pendant une saison.



Fauche du brachiaria dans le maïs

* En cas de compétition avec la culture principale (mauvais calage de cycle, faible croissance de la culture sur sol pauvre, etc.), les brachiarias peuvent être fauchés (et éventuellement utilisés pour l'alimentation des animaux).

* La multiplication de semences est facile, dans la plupart des conditions climatiques et de sol. Seul *B. humidicola* a une production en général faible de semences (sauf en altitude). De plus, les quantités nécessaires pour le semis sont faibles (3 à 10 kg/ha). Il est cependant nécessaire de lever leurs dormances.

* Ils peuvent être facilement multipliés par boutures ou éclats de souches, avec une reprise plus rapide que par graines.

Intérêts économiques

La première année d'implantation du brachiaria, l'investissement se limite à l'achat des semences ou éclats de souches et au temps de plantation ou de semis en poquets (15-20 jours/ha) ou à la volée (2 jours/ha).

L'association Manioc + Brachiaria est particulièrement rentable, dès le premier cycle de culture, avec des rendements pouvant atteindre 20 à 30 t/ha avec un simple apport de fumier.

Si l'on dispose d'herbicide, les temps de travaux sont réduits drastiquement dès la première année en semis direct par suppression du labour et réduction forte du temps de désherbage en particulier.



Brachiaria sp.

La disponibilité et le coût de l'herbicide peuvent cependant être un frein à la diffusion de systèmes sur couverture de brachiaria qui nécessitent un investissement notable en intrants (herbicides et engrais) qui bien que généralement très rentable peut être difficile à réaliser dans le cadre d'une petite agriculture familiale, dominante à Madagascar.



Intérêts environnementaux



Protection et restructuration du sol

Les aptitudes agronomiques des brachiarias en font des plantes très intéressantes sur le plan environnemental. Ils permettent :

* de remettre en valeur des zones abandonnées, en particulier grâce à la possibilité qu'ils offrent de décompacter les sols, de mobiliser de la fertilité et de supplanter la végétation naturelle pour produire une forte biomasse de fourrage de bonne qualité, permettant la pratique immédiate de l'élevage au moindre coût.

* de protéger des zones fragiles, réduisant ainsi l'érosion et son impact sur les zones en aval. *B. humidicola* est dans ce domaine le plus performant, protégeant totalement les sols par ses nombreux stolons et son système racinaire extrêmement dense en surface.

* de stabiliser les diguettes et les talus en bord de parcelles tout en produisant du fourrage.

Précautions et limites

* Etant très compétitifs dès le début de cycle, les brachiarias doivent être associés avec précaution aux cultures. Un mauvais démarrage de la culture (mauvaise germination, fertilisation insuffisante, etc.) peut entrainer une compétition importante et difficile à gérer, et ce d'autant plus que les espacements entre lignes de culture sont faibles et que les cultures sont de taille limitée comme pour le riz ou le haricot (l'association avec le maïs ou le manioc est plus facile à gérer).

* Le contrôle des brachiarias pour remise en culture nécessite l'utilisation d'herbicide, à des doses relativement importantes (1080 g matière active/ha de glyphosate pour *B. ruziziensis* et 1800 g m.a./ha pour les autres espèces). *B. humidicola* est le plus difficile à contrôler et peut nécessiter dans certaines conditions (climat tropical humide) jusqu'à 2880 g m.a./ha., ce qui engendre des coûts considérables, difficiles à supporter en petite agriculture et n'est pas recommandable d'un point de vue environnemental.



Sans herbicide, la remise en culture nécessite un travail très important et pénible de décapage à l'*angady*, et se fait au détriment des performances des systèmes.



* Pour la culture de céréales dans un paillage de brachiaria, il est nécessaire d'apporter de l'urée pour éviter une faim d'azote en début de culture.

* Dans les zones à longue saison sèche, le contrôle du brachiaria à l'herbicide nécessite d'attendre la reprise de la végétation après les premières pluies pour pouvoir traiter de façon efficace, ce qui retarde le semis. Il est dans ces conditions préférable de traiter en végétation à la fin du cycle précédent, en saison des pluies. Cette pratique a l'avantage de réduire les risques de faim d'azote en début de cycle, mais demande un investissement en herbicide plusieurs mois avant la mise en culture, souvent difficile à réaliser à Madagascar.



Repousses mal contrôlées de graines de brachiaria dans le riz

Brachiaria sp.

* Si on laisse grainer le brachiaria, les repousses dans les cultures suivantes peuvent être difficiles à contrôler et peuvent devenir envahissantes. Dans une culture de légumineuse, l'utilisation d'herbicides (type fluazifop-P-butyl quand il est disponible) permet le contrôle de ces repousses. Par contre, pour une culture de riz le contrôle sera très difficile, les graminicides sélectifs de céréales (type fenoxaprop-ethyl et Cyhalofop-Butyl particulièrement sélectif et efficace à tous les stades de développement du riz) n'étant pas actuellement disponibles à Madagascar. Il est donc important d'éviter la production de graines (par fauche du brachiaria) avant remise en culture.

* Les brachiarias peuvent devenir des plantes envahissantes, en particulier *B. brizantha* et *B. decumbens*. *B. ruziziensis*, plus exigeant sur le plan de la fertilité ce qui limite sa compétitivité, et *B. humidicola* qui produit peu de graines, sont moins susceptibles de devenir des adventices majeures.



Affaiblissement de B. brizantha *par fauche trop fréquente et trop rase.*

* Les brachiarias sont capables de puiser le peu d'éléments nutritifs qui restent dans des sols pauvres. En conséquence, leur exploitation intensive comme fourrages, sans apport de fertilisation (engrais ou fumier) en compensation risque de conduire à un épuisement des sols qui deviendrons incultes. Une exploitation non raisonnée (trop fréquente, sans apport de fertilisation) conduira dans un premier temps à une mauvaise couverture du sol (port en touffes avec passages d'érosion entre les touffes) puis à la disparition progressive du brachiaria qui sera dans le meilleur des cas remplacé par des espèces plus rustiques, de qualité fourragère généralement mauvaise et à production limitée. Dans le pire des cas, le sol deviendra totalement inculte. Il est très important d'insister sur ce risque lors de la présentation des systèmes aux paysans et de s'assurer de la bonne gestion des brachiarias pour éviter d'aboutir à une telle situation.





*Port en touffes et mauvaise couverture du sol (*B. ruziziensis *sans engrais)*

* La nutrition de caprins, d'ovins ou de jeunes bovins avec des brachiarias uniquement peut conduire à des problèmes sévères de photosensibilisation.

* *B. ruziziensis* peut être détruit par le gel

* Enfin, la récolte des graines quand elle est faite manuellement représente un travail important.

Variétés et espèces recommandées

Décompaction des sols

Pour un rôle de décompaction rapide des sols, *B. brizantha* (cv Marandu), *B. decumbens* (cv Basilisk) et *B. humidicola* (cv Tully) ont les systèmes racinaires les plus puissants. La gestion des cultures en SCV est cependant plus facile avec *B. ruziziensis* (cv Ruzi importé du Brésil), contrôlable chimiquement à moindre coût que les autres brachiarias (*B. humidicola* étant le plus difficile à maîtriser est recommandé surtout pour la protection de zones fragiles). Sur des sols moyennement compactés, et que l'on veut remettre en culture régulièrement, l'emploi du *B. ruziziensis* est préférable. Si la place est disponible, il est possible de le conserver deux ou trois ans pour une bonne restructuration des sols avant remise en culture. On évitera cependant de le laisser grainer.



*Décompaction du sol par le système racinaire puissant (*B. brizantha*)*

Brachiaria sp.

Sur des sols très compactés, que l'on veut décompacter rapidement, l'emploi de *B. brizantha* est à recommander en priorité, sachant cependant que le coût en herbicide pour la remise en culture de la parcelle sera plus important qu'avec *B. ruziziensis*.

Production de fourrage



Pour l'alimentation du bétail, *B. ruziziensis* et *B. brizantha* ont les meilleures qualités fourragères, *B. brizantha* ayant l'avantage de produire en plus grande quantité.

Pour l'installation de pâturages pérennes, *B. brizantha* (ou *B. decumbens* en altitude) est également préférable à *B. ruziziensis* dont la durée de vie est plus courte (environ 3 ans, contre 5 ans pour *B. brizantha*).

Pour l'installation de pâturages en zone submersible, le *Brachiaria mutica* est le plus adapté, pouvant pousser dans plus d'un mètre d'eau. Il permet la production de fourrage de qualité pendant la saison sèche grâce à l'eau qui reste dans ces zones basses.

Protection contre l'érosion



Couverture du sol et contrôle de l'érosion par B. ruziziensis *bien développé*

Pour la protection des sols (zones de fragilité), en particulier en zones humides, l'espèce *B. humidicola* (cv Tully) est la plus recommandée pour son système racinaire très dense en surface, sa meilleure couverture du sol, ses capacités de propagation par stolons et sa production de graines plus faible (réduisant les risques de pollution des zones en aval). Elle est cependant de valeur nutritive inférieure aux autres espèces et sera la plus difficile à contrôler à l'herbicide pour remise en culture.

Sur des sols très dégradés et/ou des climats avec longue saison sèche, en particulier les *tanety* au lac Alaotra, *B. brizantha* (cv Marandu) peut être préférable, pour son aptitude à produire une forte biomasse. Poussant en touffes (comme *B. decumbens* et *B. ruziziensis*), sa couverture du sol est cependant moindre si on ne le laisse pas se développer suffisamment pour qu'il s'étale et se réimplante à partir des stolons. Sans une couverture totale du sol, l'eau peut ruisseler entre les touffes et l'érosion peut décaper les sols entre ces touffes, qui deviennent progressivement "perchées".

Utilisation mixte

Pour une utilisation mixte, avec alternance de brachiaria pour préparer les sols et la biomasse et cultures en SCV, *B. ruziziensis* a l'avantage de pouvoir être contrôlé plus facilement et à moindre coût que les autres brachiarias. Dans de bonnes conditions, il a aussi l'avantage d'être l'espèce produisant la plus forte biomasse sur une courte période de temps (3 mois).



Brachiaria hybride cv "mulato"

Si l'objectif principal est la décompaction rapide de sols très compactés et/ou la production de fourrage essentiellement avec une année de culture tous les 3 ou 4 ans (pour régénérer les fourrages), *B. brizantha* ou *B. decumbens* (en altitude) sont à préférer.

Autres espèces intéressantes

Le brachiaria hybride (*B. brizantha* cv marandu x *B. ruziziensis*) cv "mulato" est intéressant pour sa forte production de biomasse (aérienne et racinaire) de 10 à 25% plus élevée que *B. brizantha*, sa qualité fourragère, sa capacité à supporter un pâturage intensif et son aptitude à pousser

Brachiaria sp.

en altitude (jusqu'à 1800 m. sous l'équateur). Il nécessite cependant des sols bien drainés et relativement fertiles, et la production de semences est difficile[1]. Un autre hybride (*B. ruziziensis x B. brizantha x B. decumbens*), le Mulato II a été récemment créé en Australie. Outre sa bonne production de semences, il a été sélectionné pour sa forte tolérance à l'aluminium, sa vigueur et sa forte production de fourrage de qualité [1].

Brachiaria plantaginea, considéré au Brésil comme une adventice dans les systèmes de culture avec travail du sol, peut être une excellente option de couverture des sols dans les systèmes en semis direct, notamment en début de saison des pluies. Cette espèce très puissante et dominante sur la plupart des adventices recouvre très vite le sol, avec production d'une forte biomasse. Elle est cependant facilement maîtrisable avec seulement 480 g/ha de glyphosate. C'est ainsi l'espèce de brachiaria la moins onéreuse à gérer en semis direct. Elle constitue également, en vert ou en foin, un fourrage de qualité de par sa richesse en protéines digestibles pour les bovins, dans les 60 premiers jours de sa croissance.

Gestion de la plante

Comment l'implanter

Les brachiarias peuvent être implantés soit par graines, soit par boutures ou éclats de souche (avec un démarrage plus rapide que par graine).



Jeune pousse de B. brizantha

Il est possible d'implanter les brachiarias en culture pure, mais cela nécessitera une préparation de la parcelle, coûteuse et qui ne rapportera pas directement de profit. Il est donc conseillé d'implanter les brachiarias en les associant à une culture qui générera des revenus. De cette manière, le travail supplémentaire demandé pour implanter cette plante de couverture/fourrage est réduit au semis/bouturage.

En fonction du niveau de fertilité des sols (et des possibilités de fertilisation), on pourra associer les brachiarias à :

* du manioc, du haricot ou du pois de terre sur les sols pauvres,

* du maïs sur des sols riches ou fertilisés (localiser alors l'engrais au pied des cultures pour les favoriser).

Si la fertilité et l'état de compaction des sols permet la culture de riz, il est possible d'implanter du brachiaria dans le riz. L'association est cependant difficile à gérer dans des climats avec longue saison sèche à moins d'avoir un espacement suffisant entre lignes de riz.

L'implantation en culture pure se justifie principalement dans le cas de l'aménagement de terroirs avec la protection de zones de fragilité très dégradées, où les cultures sont rarement rentables.



Semis de brachiaria dans la culture de maïs

Quand semer

La date de semis du brachiaria dépend du climat et de la culture associée.

Il est recommandé de semer ou bouturer le brachiaria le plus tôt possible en culture pure et dès que la culture est suffisamment développée pour que le brachiaria ne puisse plus la concurrencer dans le cas d'une association. Il faut cependant que l'implantation se fasse au minimum un mois et demi (boutures ou éclats de souches) à deux mois (semis par graines) avant la fin probable de la saison des pluies (ou l'arrivée de la saison froide) pour éviter les risques d'échec. Plus le semis sera tardif, moins on aura de chances d'obtenir une production suffisante pour pouvoir remettre la parcelle en culture en SCV dès l'année suivante.

De manière générale, l'implantation du brachiaria par graines peut se

Brachiaria sp.

faire en même temps que la culture principale pour favoriser autant que possible la production de biomasse dès la première année. Il est cependant nécessaire d'espacer les lignes de culture (culture en doubles rangs de préférence, avec semis du brachiaria entre les rangs espacés) pour minimiser les risques de compétition. La mise en place par boutures ou éclats de souches, du fait d'un démarrage plus rapide doit se faire avec un décalage de 20 jours à un mois par rapport à la culture principale.



Semis de brachiaria dans la culture de manioc

Pour le manioc, qui est planté en général en fin de saison des pluies, il est préférable d'implanter le brachiaria en début de saison des pluies suivantes, ce qui permet un bon démarrage de la graminée, sans risque de compétition (en particulier pour l'eau) durant la saison sèche. Dans le sud-est malgache où le manioc est généralement implanté en période peu humide (septembre-octobre), l'implantation du brachiaria se fait de préférence au mois d'avril-mai.



Implantation de B. brizantha *par éclats de souches sur sol dégradé*

En culture pure il est souvent difficile de le semer tôt, les paysans préférant à juste titre terminer l'implantation des cultures avant de semer une plante de couverture/fourrage. Il est donc recommandé de semer dès que possible (dès les premières pluies utiles voire même en sec avant les pluies), et dans tous les cas avant le 15 janvier sur les hautes terres où son développement est lent (jusqu'à fin janvier si on utilise des boutures dont le démarrage est plus rapide), avant le 31 décembre en milieu semi-aride pour qu'il puisse suffisamment se développer avant l'arrêt des pluies, et avant le 15 février en zone de moyenne altitude avec longue saison sèche. En zone tropicale humide, l'implantation peut se faire durant toute l'année, en évitant cependant les périodes climatiques à pluviométrie la plus aléatoire.

Comment semer

Le semis se fait de préférence en poquets, avec 8 à 10 graines par poquet, légèrement recouvertes (1à 2 cm de profondeur). Les graines de brachiaria sont capables de lever même si elles sont enfouies en profondeur (4 à 7 cm). Une telle pratique en retarde cependant l'émergence, ce qui peut être intéressant pour la gestion en association avec des cultures mais constitue un handicap si l'on souhaite une production rapide.

L'espacement entre poquets recommandé est de 30 à 40 cm sur la ligne, l'espacement entre lignes variant en fonction de la plante associée (cf. fiches techniques par système). En culture pure, l'espacement entre lignes recommandé est aussi de 30 à 40 cm, ce qui permet une couverture relativement rapide et homogène du sol. A ces densités, la quantité de semences nécessaire est de 3 à 7 kg./ha.



Semis de brachiaria en pur sur sol très dégradé

Brachiaria sp.

Il est également possible de semer le brachiaria à la volée (culture en pur). La dose de semences nécessaire est alors augmentée (10 à 20 kg/ha), notamment afin de s'affranchir des risques de prédation par des insectes (fourmis, etc.).

L'implantation par boutures ou éclats de souches peut se faire de manière plus espacée, le démarrage étant plus rapide (50 cm au lieu de 30 ou 40 cm).

B. humidicola dont la production de semences est plus difficile (mis à part en altitude) s'implante de préférence par boutures ou éclats de souches, d'autant plus que sa forte capacité à se propager par stolons et rhizomes permet de l'implanter avec un espacement de 1m x 1m. L'implantation dans le *bozaka* (*Aristida sp., Imperata sp.*, etc.) peut se faire après un décapage à l'angady (ou herbicidage) limité dans un premier temps aux emplacements où les boutures vont être implantées, espacées de 1m x1m. Après reprise du brachiaria, la végétation restante peut alors être progressivement décapée à l'*angady*, permettant la colonisation par *B. humidicola*. Cette technique a l'avantage d'éviter l'érosion favorisée en cas d'implantation après labour.



Décapage du bozaka après reprise du B. humidicola *implanté à 1m x 1m.*

Traitement des semences

Les brachiarias ne nécessitent aucun traitement insecticide ou fongicide des semences. Cependant, la dormance des graines peut rendre nécessaire un traitement pour obtenir une bonne germination. Il est donc indispensable d'effectuer un test de germination quelques semaines avant la date de semis probable. Un stockage dans de bonnes conditions (graines bien sèches, à l'abri des fortes températures et de l'humidité) de 6 à 9 mois permet en général de lever la dormance. En cas de très faible taux de germination, les semences doivent être traitées au KNO_3 (malheureusement difficile à se procurer à Madagascar) ou à l'acide sulfurique. Pour cela, les semences sont trempées dans l'acide sulfurique pour une durée variant de 30 secondes à 20 min en fonction de la concentration de l'acide. Il est donc indispensable de tester le temps de trempage au préalable. Utiliser de l'acide de batterie, peu concentré car l'utilisation d'un acide fort rend très difficile la manipulation et un rinçage incorrectement effectué peut tuer les semences. Après trempage, les semences doivent être rapidement mais soigneusement rincées à l'eau (faire au moins 5 bains de lavage) et séchées.

Fertilisation

Les brachiarias sont des espèces très bien adaptées aux sols acides et aux fortes concentrations en aluminium. De manière générale, ils répondent peu au chaulage. Capables d'extraire le phosphore du sol (en particulier *B. decumbens*, *B. humidicola* et *B. brizantha*), leurs besoins en éléments nutritifs sont essentiellement des besoins en azote. Des variations entre espèces existent cependant.



B. ruziziensis est le moins bien adapté aux sols très acides, et demande un niveau de fertilité relativement élevé. Des apports de phosphore en début de cycle, et d'azote tout au long du cycle sont nécessaires sur les sols acides de basse fertilité. Sans apport d'engrais, *B. ruziziensis* supporte mal d'être fauché ou pâturé et disparait[1] [2].

B. brizantha et *B. decumbens* se comportent bien sans engrais, mais répondent très bien à des apports de phosphore et surtout d'azote, tout au long du cycle [1] [2]. Un apport fréquent d'azote permet de maintenir une croissance végétative active et améliore la qualité fourragère[2].



Effet marqué de la fertilisation azotée (premier plan) sur B. ruziziensis

Brachiaria sp.

On estime cependant que pour *B. decumbens* 40% de l'azote provient de la fixation d'azote par des bactéries libres associées [(1)].

B. humidicola est le plus adapté aux sols de basse fertilité, mais répond cependant bien à l'apport de P ou de N.

Cette bonne réponse des brachiarias à l'azote rend intéressante l'association avec des légumineuses.

Sur sols très acides (ferrallitiques, schistes, grès et granites), il est recommandé de péllétiser les semences avec du phosphate naturel (type guano) ou du thermophosphate à raison de 200 g de phosphate par kg de semence, ce qui permet une implantation rapide et vigoureuse pour un coût très modique. Lors de l'implantation par boutures ou éclats de souches, le pralinage est conseillé (trempage dans un mélange de 1/3 d'eau, 1/3 de bouse de vache et 1/3 d'argile, avec éventuellement ajout d'oligo-éléments et de phosphate naturel).



Pralinage des boutures de brachiaria

Dans tous les cas, il est recommandé de gérer de manière raisonnée les brachiarias et de restituer les éléments nutritifs exportés par leur exploitation (tout particulièrement en cas d'exploitation intensive), sous peine de conduire à un épuisement du sol.

Gestion de l'enherbement

Les brachiarias sont de manière générale des plantes très agressives et capables de dominer la plupart des adventices à condition d'être gérées convenablement (espèce adaptée au niveau de fertilité du sol, exploitation et fertilisation raisonnées).

B. ruziziensis et *B. brizantha* sont tolérants à l'atrazine en prélevée (respectivement 1600 et 2000 g de matière active/ha, sur des sols peu sableux, en pré-levée) ce qui est intéressant pour l'implantation dans une culture de maïs.

Protection phytosanitaire en végétation

Les brachiarias ne nécessitent pas de traitement phytosanitaire en végétation. Ils sont généralement très sains à Madagascar qui n'a pas les problèmes liés à des insectes (*Aeneolamia sp.*, *Deois sp.* et *Zulia sp.*, famille des *Cercopidae*) rencontrés en Amérique du sud, en particulier sur *B. ruziziensis*[(1)](ce qui explique que *B. brizantha* lui soit préféré dans cette zone).

Production de semences / Récolte

La production de semence est relativement facile mais varie selon les espèces.



Graines de B. ruziziensis

B. ruziziensis est très facile à produire, avec 150 à 200 kg/ha de semences récoltées (jusqu'à 700 kg/ha en ramassant les graines tombées au sol[(1)]).

B. brizantha est également facile à produire, avec un grand nombre de graines (100 à 500 kg/ha, jusqu'à 1000 kg/ha en ramassant les graines tombées au sol)

B. decumbens peut produire jusqu'à 1000 kg/ha de semences mais sa production est faible près de l'équateur [(1)]

B.humidicola à l'inconvénient de produire très peu de graines à basse altitude [(1)]. La production en altitude est cependant bonne (100 à 500 kg/ha)

L'apport de bore sur les sols déficients peut être nécessaire à la bonne production.

Dans tous les cas, les semences sont dormantes et doivent

Brachiaria sp.

être stockées dans de bonnes conditions (basse température, faible humidité) pour lever la dormance (6-9 mois pour *B. ruziziensis*, 6 mois pour *B. brizantha* et *B. decumbens* et jusqu'à 9 mois pour *B. humidicola* [1])

La maturité des graines n'étant pas simultanée au niveau d'une panicule, la récolte se fait lorsque la moitié des graines sont mûres. La récolte peut se faire :

*manuellement, inflorescence par inflorescence en les secouant au dessus d'un seau pour y faire tomber les graines mûres. Cette technique exige plusieurs passages ce qui représente un travail considérable. Elle a l'avantage de permettre une récolte échelonnée au fur et à mesure de la maturation, ou

* par fauche, ce qui est plus rapide mais se fait au détriment du rendement, les graines ne pouvant pas être récoltées toutes à maturité. Dans ce cas, on peut stocker les panicules récoltées au sec, dans un endroit bien ventilé et à l'abri du soleil, pendant 7 à 10 jours pour permettre la maturation des grains verts.

Le séchage des inflorescences est nécessaire avant le battage. Un taux d'humidité inférieur à 10% permet d'assurer une bonne conservation.

L'ensemble de ces opérations de récolte- séchage-battage est donc très exigeant en main d'oeuvre, ce qui explique le coût élevé des semences (8 000 à 10 000 Ariary/kg soit 3 à 4 Euros/kg), d'autant plus que la production est limitée.

Utilisation comme fourrage



Pâture de B. ruziziensis

Les brachiarias sont de bons fourrages, avec cependant des différences entre espèces :



B. ruziziensis, B. brizantha et les hybrides *cv Mulato* sont de manière générale les meilleurs des brachiarias, avec des caractéristiques très proches: 7 à 13% de protéines (jusqu'à 20% en fonction de la fertilisation), une très bonne apétabilité et une digestibilité variant de 55 à 75%[1], fournissant de 0,69 à 0,74 Unités Fourragères Lait/kg [3]. De manière générale, la qualité baisse avec l'âge des plantes, et en particulier après la floraison.

B. decumbens est aussi un fourrage de bonne qualité, alors que *B. humidicola* a une qualité moindre, bien que bonne pour les conditions de sols dans lesquels il pousse. Sa digestibilité (48 à 75%) baisse rapidement s'il n'est pas pâturé ou fauché, et les protéines varient de 5 à 17%. Sa palatabilité et son acceptabilité sont beaucoup plus faibles que pour les autres brachiarias, mais il est mangé par les bovins quand il est maintenu court.

Ils peuvent tous être donnés en frais (pâture ou fauche, la fauche étant plus difficile pour *B. humidicola* que pour les autres), séchés (foin) ou ensilés pour l'alimentation en saison sèche ou froide.

B. humidicola a besoin d'être fréquemment coupé ou pâturé pour conserver une bonne appétabilité. Il supporte très bien des charges importantes, tout comme *B. decumbens.*

B. brizantha tolère des coupes fréquentes si il est fertilisé, mais elles conduiront à un développement en touffes et une mauvaise couverture du sol. *B. ruziziensis* supporte le moins bien les fortes charges qui feront qu'il se développera en touffes et pourra même disparaître progressivement, d'autant plus vite s'il n'est pas fertilisé.

Etant donnée la forte réponse à la fertilisation azotée des différents brachiarias, il est très intéressant de les associer à une légumineuse.

Brachiaria sp.



Association *B. brizantha* + *Cajanus cajan*

B. humidicola, par sa très forte production de biomasse et son port, couvre fortement le sol. Elle est l'espèce la plus difficile à associer, alors que les associations avec *B. brizantha* et *B. ruziziensis* sont relativement faciles.

Les légumineuses les plus intéressantes en association avec les brachiarias sont le *Stylosanthes guianensis*, l'*Arachis pintoï*, le *Cajanus cajan* (variété de cycle court, du type Bon amigo) que l'on peut associer à tous les brachiarias.

Attention! Les ovins, caprins et les jeunes bovins nourris avec de grandes quantités de *B. brizantha, B. decumbens, B. ruziziensis* ou *B. mutica* peuvent souffrir de photosensibilisation (qui peut entraîner leur mort). Seul *B. humidicola* peut être donné à ces animaux, en quantité raisonnable [1].

Utilisation comme couverture végétale

Les brachiarias sont utilisés en semis direct pour décompacter et restructurer les sols, remobiliser de la fertilité (rôle de "pompe biologique") et créer une couverture morte (la plante est tuée pour constituer une couverture végétale).

Dès que la biomasse produite est suffisante pour assurer une bonne couverture du sol, soit 8 à 10 t/ha de matière sèche, il est possible de remettre la parcelle en culture en semis direct. Le contrôle des brachiarias pour remise en culture nécessite l'utilisation d'herbicide (glyphosate) à des doses variables selon les espèces.

Le plus facile à contrôler est *B. ruziziensis*, pour lequel 1080 g/ha de matière active sont suffisants à condition de l'appliquer dans de bonnes conditions: pas pendant les grosses chaleurs, eau à pH 4 à 6 (pas d'eau basique qui réduit fortement l'efficacité du produit), brachiaria en période végétative active, etc. Les autres brachiarias nécessiteront 1800 à 2160 g/ha de glyphosate, *B. humidicola* étant le plus difficile à maîtriser correctement. Le traitement séquentiel (deux passages d'herbicide, à une semaine d'intervalle environ: 1/2 dose au premier passage et dose inférieure à la 1/2 dose au deuxième passage) permet d'accroître l'efficacité de l'herbicide et de réduire la dose totale utilisée. Comme le traitement en deux passages croisés, il permet également de s'assurer que l'ensemble de la parcelle a été traité de manière homogène.



Manioc sur couverture de B. ruziziensis

Le semis de la culture dans la couverture de brachiaria se fait en déplaçant la paille le moins possible. Il suffit d'ouvrir un petit trou pour mettre les graines (ou les boutures) dans le sol, sans remonter de terre au dessus de la paille. Ce semis peut se faire simplement avec une petite *angady* ou un baton, ou encore avec une canne planteuse, une roue semeuse ou un semoir mécanisé (qui ouvre alors un petit sillon dans la couverture végétale).

Afin de laisser le temps à la forte biomasse de se tasser pour former un mulch dans lequel le semis direct sera réalisable, il est préférable de contrôler le brachiaria de 30 à 45 jours avant la date de semis estimée. Cela permettra également de limiter les risques de faim d'azote (immobilisation temporaire), à craindre fortement en début de cycle pour la culture d'une céréale dans un mulch de graminées.

En milieu tropical humide, un tel contrôle du brachiaria ne pose pas de problème, l'activité végétative étant importante pratiquement toute l'année. En revanche, pour les milieux à longue saison sèche, le traitement à l'herbicide du brachiaria suppose une reprise de la végétation après les premières pluies (trois semaines environ pour obtenir un développement suffisant), ce qui retarde d'autant le semis et est un handicap certain. Dans ces conditions, il est préférable de traiter le brachiaria au glyphosate à la fin de la saison des pluies précédente. Sur un mulch important

Brachiaria sp.

(plus de 10-12 t/ha de matière sèche), le contrôle des adventices restera efficace et la faim d'azote ne sera pas à craindre sur un mulch déjà partiellement décomposé. Par contre, cette pratique demande un investissement en herbicide et travail plusieurs mois avant la mise en culture ce qui peut poser des difficultés importantes dans le contexte malgache.

L'utilisation du brachiaria en couverture végétale demande également de ne pas le laisser grainer la saison précédente, les graines tombées au sol pouvant germer et faire une compétition importante aux cultures suivantes qu'il sera difficile de contrôler avec les herbicides disponibles à Madagascar.

Sans herbicide, la remise en culture après brachiaria peut éventuellement se faire au prix d'un important travail de décapage à l'*angady* et d'une baisse des performances du système, ce qui en fait une pratique peu recommandable sauf dans certaines situations (forte disponibilité en main d'oeuvre, herbicides inaccessibles, forte compaction des sols sans autre alternative que l'emploi de brachiarias pour l'amélioration de la structure, etc.).



Contrôle du brachiaria au glyphosate sur toute la surface (premier plan) et en bandes alternées (au fond). Photo: Rakotondramanana

Dans le cas de cultures semées à faible densité, avec un espacement important entre deux lignes (maïs, manioc), il est possible de traiter le brachiaria à l'herbicide en bandes (40 à 50 cm traités et 40 à 50 cm non traités), ce qui réduit la dose à l'hectare de moitié. Cette technique présente aussi l'avantage de permettre une recolonisation par le brachiaria à partir des bandes non traitées, sans avoir besoin de ressemer une plante de couverture.



Acacia mangium *(3ans) implantés dans* B. humidicola. *L'arbre profite de la restructuration du sol par le brachiaria, et la graminée bénéficie de l'azote fixé par la légumineuse*

Enfin, pour les plantations d'arbres, la mise en place préalable de brachiarias est très intéressante puisque la couverture du sol par le brachiaria est totale (ce qui n'est pas le cas sous une plantation d'arbres sur sol nu), et que les arbres bénéficieront de la restructuration du sol par la graminée. L'implantation d'arbres dans le brachiaria peut se faire soit après traitement localisé (1m² environ) à l'herbicide, soit après décapage à l'*angady* et coupe des racines latérales pour éviter la compétition, le temps que l'arbre développe son système racinaire.



Références bibliographiques utilisées pour cette fiche technique

(1) Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J.L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. **Tropical Forages: an interactive selection tool**., [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. Site internet: www.tropicalforages.info

(2) Site internet FAO Grassland: www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/mainmenu.htm

(3) Conduite des systèmes de culture sur couverts végétaux et affouragement des vaches laitières. Guide pour les hautes terres de Madagascar. 2008. Ouvrage collectif GSDM/TAFA/FIFAMANOR/MAEP/CIRAD/ARP/SICALAIT/ARIAL/Région Réunion.

Brachiaria sp.

Les brachiarias en résumé

✓ **Graminées pérennes (3 à 5 ans), de type C4**

✓ **Adaptés à de nombreux types de sols, en particulier aux sols acides (aptitudes à extraire le phosphore), et à tous les climats de Madagascar (variable selon les espèces)**

✓ **Régénérateurs puissants et efficaces de la fertilité des sols ferrallitiques acides plus ou moins dégradés**

✓ **Forte production de biomasse**

✓ **Système racinaire extrêmement puissant, capable de décompacter les sols rapidement**

✓ **Eliminent les adventices**

✓ **Excellents fourrages**

mais....

× **Besoin d'herbicide pour la remise en culture en semis direct**

× **Croissance lente en altitude**

× **Supportent mal le surpâturage**

× **Risque d'appauvrissement des sols en cas de mauvaise gestion, sans retour de fertilité**



B. brizantha *(gauche)* et B. ruziziensis *(droite)*

Des caractéristiques et des aptitudes variables selon les espèces:



	Adaptation au climat tropical d'altitude Résistance au gel, tolérance au froid	Adaptation aux climats à longue saison sèche Résistance à la sécheresse	Tolérance à l'engorgement et à la submersion	Adaptation aux sols dégradés (Capacité à extraire des éléments nutritifs)	Tolérance à l'acidité et à l'aluminium	Tolérance au feu (Redémarrage après passage de feu)	Production de biomasse	Contrôle de l'érosion	Décompaction et restructuration du sol Recharge en carbone en profondeur	Contrôle des adventices	Qualité fourragère	Possibilités d'association avec des légumineuses	Facilité de contrôle pour remise en culture (Dose d'herbicide réduite, facilité d'application)
Brachiaria ruziziensis	–	●	–	●	●	●	●	●	●●	●●	●●	●●	●
Brachiaria brizantha	●	●●		●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●●	
Brachiaria decumbens	●●	●●		●	●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●●	
Brachiaria humidicola			●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●	–
Brachiaria mutica	–	–	●●		●	●●	●●		●	●	●●		

●● Très bon ● Bon Vide: Moyen – Mauvais

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON
Dessins: RAMAFA Impression: NIAG



Kikuyu
Pennisetum clandestinum

Olivier HUSSON, Roger MICHELLON, Narcisse MOUSSA,
Hubert CHARPENTIER, Frank ENJALRIC, Krishna NAUDIN,
RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Février 2012

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT
GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar
TAFA TAny sy FAmpandroasana
afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Ministère des Affaires étrangères
FFEM
Min Agri Ministère de l'Agriculture

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Caractéristiques générales de la plante

Noms scientifiques : *Pennisetum clandestinum* **Synonyme** *: Pennisetum longistylum*

Noms communs : Kikuyu, Kikuyu grass.

Description :



Kikuyu : Pennisetum clandestinum



Stolons et rhizomes de kikuyu
Photo: R. Michellon



Soja sur couverture vive de kikuyu

Le kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) est une graminée (famille des Poaceae, tribu des Paniceae) pérenne, de type C4 (1)(2).

Le kikuyu est originaire d'Afrique de l'Est (Kenya, Ethiopie, Tanzanie, Burundi, Congo, Rwanda) et a été naturalisé dans le nord et le sud de l'Afrique, en Amérique latine, en Australie et dans l'Océan Pacifique. Il menace de devenir une adventice invasive autour de la Méditerranée, sur sols alluviaux riches (1)(2).

C'est une plante prostrée, de 30 à 40 cm de haut, parfois jusqu'à 70 cm. Elle est stolonifère et rhizomateuse, formant de très nombreux stolons qui présentent de nombreux nœuds pouvant s'enraciner (2)(3). Le kikuyu forme ainsi un tapis épais couvrant le terrain. Une fois installé, son enracinement fasciculé est très dense en surface : 90 % en poids des racines se trouve dans les 60 premiers centimètres du sol. Une partie des racines peut cependant s'enraciner très profondément, jusqu'à plus de 3 m en conditions favorables (2)(3).

Des petites tiges feuillues sont produites par les stolons. Les feuilles sont fortement enroulées quand elles sont jeunes et s'aplatissent avec l'âge. La défoliation est régulière tout au long de l'année. Les feuilles font environ 30 cm de long pour 6 à 7 mm de large, sont de couleur vert clair, légèrement poilues. La ligule présente un anneau de poils. Tous les brins ne sont pas fertiles. Les pousses stériles ont des tiges courtes avec de longues feuilles. Les pousses fertiles se développent moins que les pousses stériles, avec des feuilles plus courtes (2)(3).

Les fleurs sont très petites, formant un épi de 2 à 4 épillets de 10 à 20 mm de long, étroits. Elles sont partiellement enveloppées dans la feuille supérieure. Les graines sont des caryopses ovoïdes, brun foncé, d'environ 2,5 mm de long pour 1,5 mm de large. Le poids de 1 000 graines est d'environ 2,5 g (2)(3). Toutefois, le kikuyu produit très peu de graines à l'état naturel et ces graines sont très difficiles à récolter.

Cycle :

Le kikuyu est une plante pérenne qui s'installe relativement lentement. Une fois installée, sa longévité est excellente ainsi que sa résistance à l'envahissement par les mauvaises herbes : c'est une plante très agressive. Les prairies constituées de kikuyu peuvent être qualifiées de permanentes.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Où recommander cette plante?

Zones climatiques

Le kikuyu est originaire des zones tropicales d'altitude (1 500 m à 3 000 m) mais il peut être cultivé du niveau de la mer comme à Hawaï, jusqu'à plus de 3 500 m d'altitude en Bolivie (2). Sa zone d'origine s'étend autour de l'équateur jusqu'à environ 8° de latitude mais il a été naturalisé en climat tempéré chaud et méditerranéen (jusqu'à 38° de latitude Nord). Sa température optimale de croissance est de 16 à 21°C, avec une croissance qui décline fortement à température élevée et au dessous de 7°C. Il est plus tolérant au froid que de nombreuses graminées de saison chaude. Seules ses feuilles exposées sont endommagées à environ -2°C, et il peut survivre jusqu'à -9°C (2).



Le kikuyu est naturalisé dans des régions recevant de 800 mm à 3 000 mm. Il se développe le mieux entre 1 000 mm et 1 600 mm de pluies par an. Il est relativement tolérant à la sécheresse mais ne supporte pas de saison sèche de plus de 5 mois. En revanche, il tolère bien l'engorgement et supporte même jusqu'à 10 jours d'inondation (2). Sa croissance est maximum durant les périodes de forte humidité.

Situation (sol et régime hydrique)

* Où le recommander

A Madagascar, le kikuyu peut être recommandé au dessus de 1 200 m d'altitude dans les zones fertiles des Hautes terres présentant une pluviométrie supérieure à 1 000 mm/an (Antananarivo, Manjakandriana, Ambatolampy, Antsirabe, Betafo, Ambositra, etc.). Au dessus de 1 600 m d'altitude, le kikuyu présente un arrêt végétatif pendant une partie de l'hiver et les jeunes plants peuvent être détruits par les gelées. IL prolonge sa végétation en hiver dans les zones à crachin, non gélives. Il n'est pas utilisé en dessous de 900 m à Madagascar : sa croissance étant ralentie par des températures très élevées, d'autres plantes y sont plus performantes.



Pâturage de kikuyu en altitude

Le kikuyu est exigeant au niveau de la fertilité du sol (N, P, K, Ca). Il doit être installé de préférence sur des sols à bonne fertilité (sols volcaniques en particulier). Sur les terrains compactés, à moindre fertilité, il est conseillé de l'implanter en association avec une culture adaptée (comme le haricot) dont il valorise la fertilisation, sans concurrencer la culture associée.



* Où ne pas le recommander

Le kikuyu ne doit pas être installé sur sols dégradés à faible niveau de fertilité (comme les sols ferrallitiques dégradés). Il est très difficile à installer sans fumure en sol pauvre.

Il n'est pas recommandé au dessus de 1 600 m où sa croissance est ralentie par les basses températures et où le gel peut occasionner des dégâts.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Pourquoi recommander cette plante?

Intérêts agronomiques

Fertilité et caractéristiques du sol



Bien que le kikuyu s'installe lentement, et soit une plante exigeante sur le plan de la fertilité, il joue un rôle important dans la restauration de la fertilité des sols grâce à leur réactivation biologique. Ses racines colonisent progressivement le terrain, atteignent environ 20 cm de profondeur après un an en sol ferrallitique compacté, et descendent ensuite jusqu'à plus de 80 cm. Les caractéristiques physiques et hydriques des sols sont alors totalement modifiées en particulier la porosité, la stabilité structurale des agrégats, la conductivité hydraulique et la rétention en eau sont sensiblement augmentées [(4)].

La création d'un milieu plus aéré stimule l'activité microbienne induisant un recyclage rapide des éléments minéraux et de la matière organique. La couverture de kikuyu permet ainsi une restauration de la fertilité chimique. Elle améliore le stock organique (C, N), le complexe absorbant (C. E. C.), les bases échangeables (Ca, Mg, K) et limite l'acidité du sol. Seule la teneur en phosphore assimilable peut être réduite lors de l'implantation du kikuyu par rapport au sol nu (absorption et stockage du phosphore dans les tissus du kikuyu).

Contrôle des adventices



Un intérêt majeur du kikuyu est sa forte capacité à maîtriser les adventices. D'une part, les adventices ont beaucoup de difficultés à s'implanter dans le tapis végétal dense qu'il crée. D'autre part, le kikuyu est fortement allélopathique. Ainsi, il contrôle totalement des adventices majeures : des Cypéracées comme *Cyperus rotundus* (« *Karepoka*» sur les hautes terres), des Composées comme *Ageratum conyzoides* («*Hanitrinipatsaka*») ou *Bidens pilosa* («*Anatsinahy*») ou encore des Oxalidacées, comme *Oxalis latifolia* («*Kadiadiam-borona*»).



Kikuyu un an après installation

Activité biologique et contrôle des bioagresseurs

L'évolution des micro-organismes du sol liée à la présence du kikuyu a un effet marqué sur l'état sanitaire des cultures. Les symptômes des maladies d'origine tellurique, dénommées parfois «maladies de la terre» par les agriculteurs, disparaissent ou se voient fortement réduits. Le flétrissement bactérien de la tomate (*Ralstonia solanacearum*, anciennement Pseudomonas) est fortement réduit ou disparait totalement,même en saison chaude alors que les cultures sont détruites sur sol nu. Les pourridiés (*Armillaria heimii* et *Rosellinia necatrix*) sont également très fortement réduits.

C'est également le cas chez le haricot où l'incidence du «gros genou» (*Ophyiomia phaseoli*) est fortement réduite

Le kikuyu permet également le contrôle d'un ver blanc, *Hoplochelus marginalis*. L'ensemble du système racinaire du kikuyu semble jouer un rôle de leurre vis à vis du parasite racinaire.

Fourrages et production animale



Le kikuyu est une plante fourragère d'excellente qualité, particulièrement intéressante sur les hautes terres où l'élevage laitier est très développé. Il se prête aussi bien au pâturage qu'à la fauche manuelle et présente la meilleure valeur alimentaire des graminées tropicales. Associé au trèfle (*Trifolium semipilosum*) en altitude, il donne un fourrage de haute valeur nutritive.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Intégration dans les systèmes de cultures.

Le kikuyu est une plante pérenne utilisée en couverture vive permanente. Son implantation se fait dans une culture.

Installation dans une culture

Sur sols à bonne fertilité, le kikuyu peut être installé dans une culture de maïs. Le développement relativement lent du kikuyu la première année fait que le maïs peut se développer sans subir les effets allélopathiques du kikuyu. Il peut être associé à d'autres cultures vivrières (riz,soja) ou maraîchères (pomme de terre, tomate). Une culture d'avoine peut ensuite lui être associée en saison intermédiaire (semis en février, à un moment où sa croissance est ralentie par les températures fraiches) pour produire du fourrage en saison froide.

Sur des sols à fertilité plus modeste, le kikuyu peut être installé dans une culture comme le haricot, qui doit être fertilisée.



Jeune kikuyu installé dans le riz

Cultures impossibles sur une couverture vive de kikuyu

Une fois installé, le kikuyu est simplement contrôlé avant l'installation d'une culture, en général de légumineuse. La couverture de kikuyu réduit la prolifération des mauvaises herbes. Mais elle peut aussi perturber la croissance des cultures qui lui sont associées ou mises en place dans sa couverture vivante, même lorsqu'il est maîtrisé. En effet, le kikuyu présente des effets allélopathiques marqués sur de nombreuses cultures. En particulier, les cultures de graminées dans une couverture de kikuyu sont impossibles ou peu rentables du fait des effets allélopathiques marqués de cette plante sur la famille des graminées, à laquelle elle appartient.

La couverture de kikuyu tué par l'herbicide a des effets négatifs marqués sur la levée de la fétuque élevée (*Festuca arundinacea*) du ray grass anglais (*Lolium pérenne*) ou d'Italie (*Lolium multiflorum*) et du riz. Ainsi, au moment d'un sursemis de ray grass anglais (*Lolium pérenne*) dans le kikuyu tué au glyphosate, les graines germent mais les plantules meurent dès leur levée. Par contre le ray grass se développe normalement dans le kikuyu vivant, puis il est étouffé (en raison de la concurrence). Nous retrouvons les mêmes résultats dans les tests avec des extraits de kikuyu : les jus obtenus avec le kikuyu vivant n'ont pas d'effet, tandis que ceux de la couverture morte diminuent le taux de germination du ray grass, augmentent celui des plantules anormales, puis ont un effet dépressif sur les plantes déjà développées. Les substances phytotoxiques à l'origine de ces phénomènes ont été isolées : acides coumarique, gallique, vanillique, et permettent de reproduire ces effets en laboratoire.

Chez le maïs, la croissance est réduite par les exsudats racinaires du kikuyu : le maïs reste nain et sa production est nulle, même dans une couverture de kikuyu bien maîtrisée par herbicide. En revanche, aucun effet notable n'a été relevé pour le blé.



Chez les Solanacées, des observations ont été réalisées sur la tomate pour laquelle la levée est très irrégulière en semis direct dans les trous entourés de kikuyu. Les exsudats racinaires et le jus de macération de la couverture retardent la germination de la tomate et provoquent l'apparition d'un taux élevé de plantules anormales. Pour l'éviter, elle est mise en place en repiquant des plants obtenus en pépinière, car aucun effet allélopathique n'est observé sur la plante développée. Par la suite, la production des plantes développées est très intéressante.

Le même effet dépressif de la couverture sur la levée des graines est observé chez les Crucifères, pour le chou pommé ou chez les Composées, pour la laitue.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*



Haricot sur couverture vive de kikuyu

Cultures recommandées sur une couverture vive de kikuyu

Les cultures recommandées sur couverture de kikuyu sont essentiellement des légumineuses ou des espèces maraîchères.

Aucun effet allélopathique du kikuyu n'a été observé sur des légumineuses. Ainsi, le haricot, le soja ou le petit pois sont des cultures très intéressantes sur une couverture vive de kikuyu. Toutefois, en dessous de 1500 m à Madagascar, il est nécessaire d'alterner les légumineuses, la graisse du haricot pouvant se développer en l'absence de rotation.

Le repiquage de solanacées, en particulier la tomate est également une pratique très intéressante. Cette pratique permet d'éviter les problèmes de levée et de bénéficier des effets favorables observés sur ces cultures, avec en particulier l'amélioration de l'état sanitaire des plantes et des productions (disparition du flétrissement bactérien de la tomate, du gros genou du haricot, etc.). La pomme de terre est également une culture qui peut être conduite sur couverture vive de kikuyu.

Association avec les arbres

Dans les vergers d'altitude (agrumes, pommier, pêcher ...) le kikuyu peut être utilisé comme couverture : il contrôle l'érosion et les mauvaises herbes, et peut être exploité par fauche. Il stimulerait la végétation des jeunes plants de poirier.



Une association forêt-pâturage peut aussi être envisagée afin de préserver la forêt, tout en développant la production animale. Le kikuyu réduit la prolifération des mauvaises herbes dans les reboisements de cyprès, camphrier, *Acacia mearnsii* (« mimosa »), sans affecter les arbres. Pour une association avec des arbres, il est recommandé d'installer d'abord la couverture vivante dans une culture qui permet d'en payer l'installation, et d'implanter ensuite les arbres dans la couverture vive de kikuyu, en prenant soin de la contrôler suffisamment pour éviter qu'elle ne fasse de compétition aux jeunes arbres.

Intérêts économiques

Un des intérêts majeurs du kikuyu est qu'il permet une diminution des temps de travaux nécessaires à la préparation du terrain et à l'entretien de la parcelle, par la suppression du labour et des sarclages.

Le kikuyu installé étant très agressif, il domine les autres plantes et constitue un tapis monospécifique, facilement contrôlable avant mise en culture par utilisation d'herbicide (fluazifop-p-butyl ou glyphosate). Ainsi, la préparation du terrain avant semis passe de 50 jours/ha en systèmes avec travail du sol (labour à l'*angady*) à 4 jours/ha pour la pulvérisation d'un herbicide avec un pulvérisateur à dos. En altitude, le contrôle mécanique ou chimique du kikuyu est même souvent inutile en raison du gel de ses parties aériennes (plantations d'octobre).

Angady : sorte de bêche malgache

L'entretien des cultures est également fortement réduit du fait du contrôle des adventices par la couverture végétale : pour la culture d'une légumineuse, le temps consacré à l'entretien des parcelles passe de 30 jours/ha sur haricot et plus de 60 jours/ha sur soja en système traditionnel après labour, à environ 7 à 11 jours/ha sur la couverture de kikuyu, grâce à la suppression des sarclages.

Seul le temps de semis est augmenté pour implanter correctement la culture dans une couverture végétale dense. Il passe de 20 jours/ha après labour à 30 à 35 jours/ha en semis direct dans une couverture végétale.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Au final, le gain de temps est considérable : le semis direct permet d'économiser 50 jours de travail par hectare pour une culture de haricot, et 70 jours/ha pour le soja.

L'herbicide employé pour ce gain de temps est extrêmement rentable puisque le contrôle du kikuyu peut se faire à faible dose de fluazifop-p-butyl (0,25 l/ha du produit commercial, le Fusilade X2), pour un coût modique d'environ 8 000 Ariary/ha (soit environ 3 euros/ha ou l'équivalent de 3 journées de travail). Cette très faible dose représente 3 à 6 fois moins que la dose maximale autorisée sur culture de légumes.



Couverture du sol par le kikuyu

Intérêts environnementaux

Sur le plan environnemental, le kikuyu est avant tout intéressant pour son excellent contrôle de l'érosion une fois implanté. Le réseau très dense de stolons et de rhizomes, le système racinaire fasciculé très développé dans les horizons de surface et la couverture permanente du sol permettent au kikuyu d'assurer un contrôle total de l'érosion et une très bonne infiltration de l'eau.

Le kikuyu permet également une recharge progressive du sol en carbone.

A noter également que le kikuyu résiste bien au feu, redémarrant rapidement par ses rhizomes.

Précautions et limites

Les principales limites du kikuyu sont liées à son exigence sur le plan de la fertilité, qui fait qu'il n'est intéressant que sur des sols à fertilité relativement élevée, et au grand nombre de cultures qui ne peuvent pas être conduites sur cette couverture. En particulier, le kikuyu ne peut pas être utilisé pour une culture de céréale.

Une autre limite à l'utilisation du kikuyu est que son installation est lente, mais qu'une fois installé, il est très difficile de détruire totalement une couverture de kikuyu sans herbicide. L'installation d'une couverture de kikuyu est donc une entrée dans des systèmes produisant des légumineuses, et ce pendant plusieurs années.

Enfin, comme toute couverture vive, le kikuyu doit être bien maîtrisé pour ne pas engendrer de compétition avec la culture ou avec les arbres qui lui sont associés.



Compétition du kikuyu mal maîtrisé sur du soja

Variétés et espèces recommandées

La variété de kikuyu utilisée à Madagascar est une variété stérile, qui produit très peu de graines. Certaines variétés fertiles ont été sélectionnées en Australie comme :

* «Whittet», une variété ancienne (1970) originaire de Kitale au Kenya (1 900 m d'altitude), mais relativement lente à former un tapis. Elle survit mieux que le kikuyu commun sur des sols à moindre fertilité [2][3].

* «Noonan», une variété un peu plus récente (1983), sélectionnée en Australie pour sa production de matière sèche durant les périodes froides [2].

Elles sont cependant peu utilisées à Madagascar où la variété locale bouturée produit 50% de plus que la variété «whittet» semée.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

Gestion de la plante

Comment l'implanter ?

La production de semence étant difficile, la mise en place d'une couverture de kikuyu se fait principalement par bouturage, qui est assez aisé et permet une implantation plus rapide. Il est recommandé de l'implanter en association avec une culture dont il valorise la fertilisation, sans entraîner de concurrence. Toutes les plantes à cycle court peuvent être associées : haricot, soja, riz, maïs, chou, tomate, petit pois, pomme de terre. Ainsi, le kikuyu peut être installé :



Installation du kikuyu par boutures
Photo : R. Michellon

* en novembre – décembre au début de la saison des pluies, en association avec les cultures de saison : soja, maïs, riz ; ou

* en février, lors du second cycle de culture, alors en association avec du haricot, du petit pois ou de l'avoine

* lors du buttage de la pomme de terre.

Quelle que soit la période ou le mode d'implantation, le kikuyu s'installe lentement et demande plus d'une année pour que la couverture soit totale. En première année, le kikuyu jeune ne fait pas de concurrence à ces cultures, y compris aux céréales.

La technique utilisée en pratique est le bouturage de stolons lignifiés de 20 à 30 cm de long (au moins trois noeuds), plantés à une densité d'environ 0,5 x 0,5 m. Plus la densité est élevée, plus la couverture du sol est rapide. Cette densité et les espacements entre plants sont également fonction de la culture associée lors de la mise en place .

Les temps de travaux nécessaires à l'implantation du kikuyu par bouture sont de 25 à 30 jours/ha pour une trouaison manuelle à 0,5 x 0,5 m. Ils peuvent être réduits grâce à un sillonnage mécanique. La plantation dans les sillons profonds réduit les méfaits de la sécheresse. Les boutures, simplement épandues sur le terrain, peuvent aussi être plantées avec une canne-planteuse (tige métallique de 1 m environ avec un simple crochet à une extrémité pour enfoncer la bouture dans le sol, et munie d'une barre transversale pour appuyer avec le pied), ou enfouies mécaniquement par passage d'un cultivateur.

Il est à noter que sur un terrain ferrallitique compacté, le kikuyu ne se développe pas sans préparation du sol (et sans fumure).

Fertilisation



Pralinage de kikuyu
Photo : R. Michellon

Le kikuyu est très exigeant sur le plan de la fertilité du sol. Il n'est pas recommandé sur sols pauvres. En sol à fertilité moyenne, son développement peut être amélioré par pralinage. Le pralinage consiste à tremper la base des boutures dans une bouillie fertilisante composée d'un tiers d'eau, un tiers de terre argileuse et un tiers de fumier (et pouvant être enrichie par un engrais). Il peut aussi être installé après écobuage, entre les rangs de maïs.

Le kikuyu est particulièrement exigeant en N et P. Une bonne production nécessite des apports fractionnés d'azote, et de maintenir le niveau de phosphore assimilable au dessus de 15 ppm (2).

Le kikuyu apparaît également sensible à une forte acidité du sol : dans ce cas, un amendement calcaire permet d'accroître sa production et de

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

réduire les apports d'azote (prévoir 1 t/ha de CaO pour un sol à pH eau de 4,5).

Gestion de l'enherbement

Avant l'installation de la couverture de kikuyu, il faut éliminer les espèces pérennes qui ne sont pas affectées par ses effets allélopathiques comme *Paspalum paniculatum* («*Akitsoavaly*», «*Mahabamka*») ou *Phalaris arundinacea*. Cela peut se faire manuellement ou à l'aide d'herbicides totaux comme le glyphosate.



Haricot sur kikuyu vivant

La gestion de l'enherbement durant l'installation du kikuyu doit se faire en fonction de la culture qui lui est associée. Lors de l'installation de cette couverture avec le haricot ou le maïs, l'application de bentazone de 720 à 1 200 g/ha (1,5 à 2,5 l/ha de Basagran liquide à partir du stade 2 feuilles sur haricot) permet de contrôler les dicotylédones au stade plantules et les cypéracées (comme *Cyperus esculentus*). Dans le cas d'adventices à feuilles larges plus développées dans le maïs, utiliser plutôt le 2,4-D sels d'amines en jet dirigé : 1080 g/ha avant le stade 3 à 4 feuilles du maïs pour éviter tout dégât sur la culture (1,5 l/ha de 2,4-D Amine 720 SL). Le 2,4-D peut aussi être utilisé dans le cas d'une association avec le riz : 720 g/ha entre la fin du tallage et l'initiation paniculaire du riz (1 l/ha de 2,4-D Amine 720 SL).

Protection phytosanitaire en végétation

Aucun problème sanitaire n'a été observé à Madagascar sur kikuyu qui reste très sain et permet des améliorations sanitaires des cultures qui lui sont associées, hormis pour le chou pommé qui peut être ravagé par des chenilles (*Plutella sp.*). En Australie, il peut souffrir du jaunissement du kikuyu sous forte fertilisation azotée, et de pyriculariose (*Pyricularia pennista* et *Pyricularia grisea*) [2][3].

Le kikuyu peut être temporairement endommagé par divers arthropodes et leurs larves comme *Spodoptera sp.* et surtout *Heteronychus arator* (Scarabeideae) [2].

Production de semences / Récolte

La multiplication du kikuyu à Madagascar se fait avant tout par voie végétative, en raison de sa stérilité. La production de semences de variétés fertiles est difficile et nécessite de très nombreuses fauches pour déclencher la floraison. La récolte est également difficile, les graines étant positionnées très près du sol [2].

Utilisation comme fourrage

Qualité fourragère



Le kikuyu est une plante fourragère de qualité, mais dont la valeur varie fortement dans le temps et en fonction des facteurs climatiques et agronomiques. Les jeunes feuilles contiennent jusqu'à 25% de matières azotées les premières semaines, mais ce taux décroît dès la quatrième semaine et tombe en dessous de 10% après 12 semaines. Leur digestibilité baisse durant la même période pour descendre en dessous de 50%. De plus, la qualité du fourrage est supérieure en saison fraîche et se dégrade en été. Les teneurs en cellulose brute augmentent régulièrement à la fin de l'été alors qu'à la fin de l'hiver elles se stabilisent.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

La teneur en cuivre du kikuyu est en général très faible. Le calcium se rencontre principalement sous forme d'oxalate insoluble, indisponible pour l'animal. Cet oxalate peut engendrer un empoisonnement des animaux (hyperparathyroïdisme des chevaux) (2).

Gestion et fertilisation pour la production de fourrage

Le mode d'exploitation le mieux adapté au kikuyu est le pâturage car son appétence et sa résistance au piétinement sont élevées. Il supporte bien le surpâturage, qu'il est conseillé de pratiquer au moins une fois par an afin de débarrasser la prairie des tiges couchées.

De plus, l'appétence et la valeur nutritive du kikuyu sont bonnes à condition de l'exploiter à une hauteur de moins de 50 cm. Une fréquence d'exploitation mensuelle permet d'obtenir une production cumulée maximale et de qualité. Le port rampant du kikuyu et son enracinement aux nœuds rendent la fauche et la récolte en ensilage difficiles. Son aptitude à l'ensilage est d'ailleurs assez mauvaise.

Dans les conditions favorables à Madagascar, la production de cette graminée tropicale est de 8 à 10 t/ha/an de matière sèche, avec une croissance hivernale réduite de moitié. L'augmentation d'altitude diminue le rendement global, mais surtout accroît l'écart de production entre l'hiver et l'été (elle peut atteindre la proportion de 1 à 5). Cette différence peut être atténuée par un apport de fumure azotée qui stimule la végétation.

La fertilisation azotée permet de régulariser et d'accroître la production fourragère du kikuyu, ainsi que sa teneur en matières azotées. Si des apports d'azote sont envisagés par l'éleveur, ils doivent être modulés en fonction de l'activité minéralisatrice du sol qui est très faible en hiver :

* apports fractionnés de 50 kg/ha d'azote par coupe en période fraîche

* pas d'apports en été.

Dans les parcelles pâturées, les restitutions en phosphore par les fèces et en potassium par les urines permettent de réduire les besoins (apport éventuel de 50 kg de P_2O_5/ha/an).

Association avec une légumineuse fourragère



Association de kikuyu et de trèfle blanc

Des légumineuses fourragères peuvent être utilisées pour améliorer la production des pâturages de kikuyu et leur qualité : trèfle blanc, trèfle du Kénya, arachide pérenne, etc.

Pour maintenir l'association avec le trèfle et favoriser sa croissance hivernale, il est conseillé de surpâturer à la fin de l'été.

Utilisation comme couverture végétale

Pour une utilisation en couverture végétale vivante, le kikuyu est exploité par fauche ou par pâturage avant chaque cycle, environ deux semaines avant la mise en place de la culture. Le principe est de laisser le kikuyu redémarrer avant d'appliquer un herbicide localisé sur la ligne de semis. Le kikuyu est très sensible au glyphosate : 360 à 720 g/ha suffisent à contrôler le kikuyu plusieurs semaines, et 1080 g/ha suffisent à le tuer. Pour éviter sa destruction et maintenir le kikuyu en couverture vive, l'application d'herbicide se fait en bandes sur lesquelles les cultures seront installées. Il suffit d'appliquer 360 à 720 g de glyphosate mélangés à 2 kg d'urée par hectare, pulvérisés une semaine avant le

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

semis de la légumineuse. En fonction de l'écartement entre les lignes, la dose d'herbicide à l'hectare cultivé est ainsi divisée par 2 ou 3.

Les cultures sont alors installées sur les lignes herbicidées. L'*angady* (ou la canne planteuse) utilisée pour le semis pénètre plus difficilement à travers les tiges lignifiés du kikuyu qu'en sol nu. Il en résulte des temps de travaux plus élevés pour les semis. De plus, lors du semis à la canne planteuse, environ 10% des graines peuvent rester en surface et le taux de levée apparaît plus faible qu'en sol nu.

Les éleveurs préfèrent préparer le terrain en fauchant le kikuyu avant implantation de la culture.

En cours de végétation, s'il redémarre trop rapidement et risque d'entrer en compétition avec la culture, le kikuyu peut être maîtrisé avec des herbicides spécifiques. Pour le haricot ou le soja, le kikuyu est contrôlé pendant 2 mois environ par de très faibles doses de fluazifop-p-butyl :

* 62 g/ha en hiver (0,25 l/ha de Fusilade X2 appliqués en deux passages à quelques jours d'intervalle)

* 125 g/ha en été (0,5 l/ha de Fusilade X2 appliqués en deux passages).

Pour les cultures à cycle court, le nombre de traitements est réduit : un avant formation des boutons floraux chez le haricot ou le soja, à trois applications mensuelles chez la tomate mise en place en été.

Dans une culture pérenne à port bas (jeune pêcher, ...) les traitements sont nécessaires tous les deux mois environ.

Le contrôle de la couverture avec le fluazifop-p-butyl est aisé et peu onéreux, mais il est impératif de ne pas détruire la couverture sous peine de perdre ses effets bénéfiques et en particulier son contrôle des adventices.

Certains éleveurs des hautes terres malgaches préfèrent se passer d'herbicide et fauchent régulièrement le kikuyu entre les lignes de culture. Ce travail considérable leur permet en revanche d'utiliser le kikuyu comme fourrage pour l'alimentation de leurs vaches laitières.

Le kikuyu est donc une plante relativement facile à utiliser en couverture vive.



Installation de pomme de terre après contrôle du kikuyu à l'herbicide



Contrôle du kikuyu dans le soja par fauche Le kikuyu sera utilisé comme fourrage

Principales références bibliographiques utilisées

(1) Wilen C. A. & Holt J. S. 1996. Physiological mechanisms for the rapid growth of *Pennisetum clandestinum* in Mediterranean climates. Weed Research. 36 (3) : 213-225

(2) Cook, B. G., Pengelly, B. C., Brown, S. D., Donnelly, J. L., Eagles, D. A., Franco, M. A., Hanson, J., Mullen, B. F., Partridge, I. J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. Tropical Forages : an interactive selection tool, [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia

http ://www. tropicalforages. info/key/Forages/Media/Html/Pennisetum_clandestinum. htm

(3) Site internet FAO Grassland : Pennisetum clandestinum :

http ://www. fao. org/ag/agp/AGPC/doc/Gbase/data/pf000298. htm

(4) Perret S.,Michellon R. ,Tassin J;1998 : Agroecological practices as tools for the sustainable management of catchments susceptible to érosion : Réunion island.In : The sustainable management of tropical catchments .Ed D. Harper and T. Brown . John Wiley and Sons Ltd.

Kikuyu : *Pennisetum clandestinum*

En résumé

✓ Graminée pérenne, adaptée aux zones d'altitude (entre 900 m et 1600 m à Madagascar)

✓ Plante d'installation lente mais très compétitive et qui élimine les adventices

✓ Plante rhizomateuse et stolonifère constituant un tapis très dense

✓ Excellente couverture du sol et très bonne protection contre l'érosion

✓ Fourrage de qualité au stade jeune

✓ Bonne capacité à produire sous forte pression et à supporter le surpâturage



Haricot sur couverture vive de kikuyu

✓ Bonne réponse à la fertilisation

✓ Utilisation en couverture vive pour la culture de légumineuses (soja, haricot)

✓ Contrôle aisé à l'herbicide, et possible par fauche et pâturage

mais ...



Soja sur couverture vive de kikuyu

× Effets allélopathiques sur de nombreuses plantes cultivées, en particulier les céréales

× Plante exigeante sur le plan de la fertilité, ne pouvant pas être utilisée sur sols dégradés et supportant mal la compaction

× Production réduite à température élevée et en saison froide

× Plante difficile à détruire sans herbicide

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins : RAMAFA



Volume IV

Climat de moyenne altitude (600 - 1100 m) avec longue saison sèche (> 6 mois) Lac Alaotra et Moyen-Ouest

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Tahina RAHARISON,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Joachin RASOLOMANJAKA
Roger MICHELLON, Krishna NAUDIN, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Octobre 2012

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Ministère de l'Agriculture

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les unités agronomiques

Les systèmes à proposer en priorité au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest: Climat de moyenne altitude (< 1000 m) avec longue saison sèche (> 6 mois)

1. Les principales unités agronomiques et leur utilisation traditionnelle

La connaissance des différentes unités agronomiques au niveau d'un terroir et leur utilisation par les agriculteurs est indispensable si l'on veut adapter les propositions de systèmes SCV aux contraintes du milieu. Ces unités agronomiques sont définies de manière à constituer des ensembles homogènes, pour lesquels les systèmes de cultures que l'ont peut proposer sont identiques. Ainsi, l'origine d'un sol n'est pas vraiment discriminante (il ne s'agit pas d'unités pédologiques), mais on s'attache avant tout à prendre en compte les caractères discriminant les possibilités de culture. Dans la zone agro-écologique de moyenne altitude, avec longue saison sèche, la différenciation agronomique des sols se fait sur la base de leur niveau de fertilité, de leur compaction, et de leur régime hydrique (en saison et en contre-saison). Ainsi, les pratiques agronomiques peuvent faire évoluer une parcelle d'une unité à une autre. Par exemple, un sol compacté sur lequel on installe des plantes de couvertures au système racinaire très puissant, peut ainsi évoluer en quelques années vers un sol non compacté. De même, la fertilité du sol peut évoluer, dans un sens ou dans un autre.

En pratique, on peut distinguer ces unités en se basant sur la couleur du sol, la flore en place et les performances des cultures conduites par les paysans. On peut ainsi distinguer:

1.1. Les zones de fragilité (ZF) aux sols très dégradés

Les zones de rupture du relief entre plateaux ou terrasses et la plaine sont des zones de grande fragilité, aux sols très dégradés, à la végétation éparse et où l'érosion est très active, du fait de la faiblesse du couvert végétal et de l'importance des pentes.



Sols très dégradés (zone de fragilité) sur les pentes, en rupture des glacis-terrasses et plateaux aux sols "pauvres". Zone surpâturée. Rive Ouest du lac Alaotra.

Ces zones ne sont que très rarement cultivées et sont généralement surpâturées par les animaux, fréquemment brulées, ce qui explique la faiblesse de la végétation naturelle et la pauvreté des espèces dominées par les genres *Aristida* et *Sporobolus* (quand ils peuvent se développer). Ces zones sont souvent en amont immédiat des aménagements rizicoles et leur manque de protection est préjudiciable à leur maintien.

Même si la mise en valeur agricole de ces sols très dégradés n'est pas rentable sur le plan individuel, des actions de protections communautaires (revégétalisation, aménagements anti-érosifs) de ces zones sont importantes dans le cadre de l'aménagement de l'espace lors des interventions au niveau d'un terroir.

1.2. Les sols pauvres de *tanety* compactés (SPT C)

Ces sols se retrouvent essentiellement sur le Sud et l'Ouest du lac Alaotra, formés sur des matériaux acides (granites, migmatites, etc.) au niveau de glacis-terrasses anciens ou de plateaux sommitaux. Ils correspondent aux sols ferrallitiques du Moyen-Ouest.

Ce sont des sols ferrallitiques de couleur ocre ou jaune, fortement désaturés. Ils sont acides (pH autour de 5) et pratiquement vides chimiquement, entrainant des carences en phosphore, calcium, magnésium, potassium et oligo-éléments dont le bore.

Leur texture est limono-sableuse à sableuse et leur structure est peu développée, très fragile en surface, poussiéreuse et soufflée quand elle est travaillée compte tenu de la présence de pseudo-sables et de la faible teneur en matière organique.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

La végétation naturelle est assez pauvre, dominée par des graminées (genres *Aristida, Sporobolus,* etc.). La culture de plantes exigeantes (maïs, riz) n'y est pas possible sans engrais et est risquée car très dépendante des pluies. Dans le Moyen-Ouest, la pression du striga est très forte sur ces sols et ne permet pas la culture de céréale en système traditionnel.

Les cultures pratiquées sont peu exigeantes (manioc, pois de terre, etc.), avec des rendements faibles. Ces sols sont la plupart du temps compactés, du fait de leur faible teneur en colloïdes (matière organique, hydroxydes de Fe et Al, kaolinite) et de leurs caractéristiques physiques qui les rendent sensibles à ce phénomène dès qu'ils sont travaillés.

Les *lavakas* y sont très fréquents, les caractéristiques physico-chimiques de ces sols et le régime hydrique (faible infiltration en particulier) y étant favorables.



Très faible fertilité et sensibilité à l'érosion des sols "pauvres" de tanety

1.3. Les sols moyennement riches de *tanety* et les colluvions de bas de pente (SMRT)

Les sols moyennement riches de tanety

Ces sols, formés sur des matériaux basiques (gneiss à amphibole, basaltes, etc.), correspondent à la plupart des sols de collines sur la rive Est du lac Alaotra et aux sols sur basaltes (volcanisme ancien) dans le Moyen-Ouest

Ce sont des sols ferrallitiques désaturés, de couleur rouge (richesse en oxydes de fer), brun-rouge ou "chocolat" (basaltes). Ils sont argileux (autour de 60 % d'argiles), à pH peu acide (5,5 à 6). Leurs caractéristiques physiques (texture et structure permettant une bonne infiltration de l'eau) et chimiques en font des sols aptes à de nombreuses cultures, malgré le faible niveau de saturation en bases. Les pentes régulières, sans ruptures de pentes ni obstacles sur de longs versants favorisent l'érosion en nappe puis sa concentration en ravinements, mais les *lavakas* qui peuvent se développer restent en général isolés.



Longues pentes sur sols moyennement riches" de tanety*, et colluvions de bas de pente Rive Est du lac Alaotra*

La végétation naturelle y est assez diversifiée, avec des plantes indicatrices d'une fertilité relativement bonne (genres *Ageratum, Cynodon*, diverses légumineuses, etc.)

Ces sols sont généralement en culture, en particulier sur les zones les moins pentues, permettant la production de plantes exigeantes comme le maïs ou le riz pluvial.

Les colluvions de bas de pente

Ces sols correspondent aux zones d'accumulations des colluvions, dans le bas des toposéquences et aux cônes de déjection. Il s'agit en général de sols moyennement riches, souvent laissés en jachère (souvent à *Lantana camara*) qui servent de protection des aménagements rizicoles des bas-fonds et vallées en aval, mais de plus en plus fréquemment mis en culture.

Sur le plan agronomique, ces deux types de sols sont identiques : ils offrent les mêmes possibilités de cultures en saison, ne permettent pas la production en contre-saison (pas de réserve en eau suffisante, sauf dans certains cas particuliers) et exigent des niveaux d'intensification similaires. Parmi ces sols, il faut cependant distinguer :



Colluvions de bas de pente

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les unités agronomiques

1.3.1. Les sols moyennement riches de *tanety* compactés (SMRT C)

La compaction est souvent liée au travail du sol pour la mise en culture. Le *Cynodon dactylon,* quand il est présent, se développe mal, et on observe fréquemment des plantes indicatrices de compaction (genres *Urena*, *Sida* , etc.). Le striga y est souvent abondant dans le Moyen-Ouest. Les paysans y cultivent en général du manioc ou de l'arachide. Le riz pluvial et le maïs y ont des rendements très faibles à nuls les années sèches.



Sols moyennement riches compactés (Moyen-Ouest)

1.3.2. Les sols moyennement riches de *tanety* non compactés (SMRT NC)

La flore naturelle dominante est composée de *Cynodon dactylon* bien développé et d'*Hypparhenia spp.* Les paysans y cultivent du riz ou du maïs avec des rendements moyens (1 à 1,5 t/ha), de l'arachide, etc. Dans le Moyen-Ouest, le striga peut être un obstacle à la culture de céréales en système traditionnel.

Plus bas sur la toposéquence, en arrivant dans la plaine ou les vallées, de grandes différences en matière de régime hydrique peuvent exister en fonction du niveau topographique. Il est important de bien les caractériser (date d'arrivée et de départ de l'eau, risques d'inondation, risque d'engorgement en fin de cycle pouvant gêner l'installation d'une contre-saison, etc.) pour adapter le système de culture à la situation précise.

On retrouve en premier lieu des parcelles qui ne sont pas sujettes aux inondations ou dans lesquelles les inondations sont rares et/ou très temporaires, de toute façon limitées à moins de 5 jours consécutifs. Ces sols permettent la production de toutes les cultures en saison. Plus bas, les parcelles inondables ne permettent que la culture de riz en saison. Dans tous les cas, en fonction des possibilités d'irrigation on distingue :

1.4. Les sols exondés dans la plaine, les bourrelets de berge et les *baiboho* (SEPBBB)

Cette unité agronomique correspond au lac Alaotra aux sols alluvionnaires, souvent riches (en particulier en potasse, issue des roches micacées en amont), déposés dans les vallées et bas-fonds. De texture généralement limoneuse, ils sont sensibles au phénomène de battance lorsqu'ils sont travaillés.

Ils sont largement cultivés (en culture pluviale) durant la saison des pluies, souvent avec des cultures exigeantes comme le riz ou le maïs. Ils ne sont pas irrigués (ni en saison, ni en contre-saison), mais l'alimentation hydrique des plantes en saison sèche par remontées capillaires y est souvent possible, à condition que la plante ait pu s'enraciner suffisamment tôt sur un sol encore humide en surface. De ce fait, des cultures de contre-saison, en particulier le maraîchage, y sont fréquemment conduites, avec ou sans irrigation d'appoint. La flore qui s'y développe est indicatrice d'une relativement bonne fertilité (*Ageratum spp, Roettboelia spp., Galingsoga parviflora*, etc.) mais les Cyperus qui peuvent y être très abondants constituent souvent une contrainte importante aux cultures. Cette unité correspond aussi aux bourrelets de berge dans le Moyen-Ouest (sur lesquels une contre-saison est en général possible).



Riches baiboho, en aval des collines

De manière générale, les possibilités de culture en contre-saison sont variables, liées à la texture et à la position topographique. On distingue :

1.4.1. Les sols exondés dans la plaine, les bourrelets de berge et les *baiboho* sans possibilité de contre-saison (SEPBBB sans CS)

Dans ces parcelles, la production n'est pas possible en contre-saison, soit du fait d'une position trop élevée (et d'une nappe trop profonde),

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

soit du fait de la présence d'un horizon très sableux qui empêche les remontées capillaires. Cet horizon sableux peut se retrouver sous forme de "lentilles", dispersées dans les parcelles, ce qui fait que certaines parcelles peuvent correspondre en partie à cette unité agronomique, et en partie à l'unité suivante, avec possibilité de contre-saison. Si une gestion différenciée des différentes parties de la parcelle n'est pas possible, il faut la conduire, dans son ensemble, par défaut pour l'unité agronomique la plus limitante (SEPB sans possibilité de contre-saison).

1.4.2. Les sols exondés dans la plaine, les bourrelets de berge et les *baiboho* avec possibilité de contre-saison (SEPBBB avec CS)

Cette unité est très largement répandue au lac Alaotra. Ces sols, à très bonne remontée capillaire où dont la nappe phréatique reste peu profonde en saison sèche, offrent des possibilités très intéressantes de production en contre-saison. On y rattache également les cas particuliers des **colluvions de bas de pentes** où la production de contre-saison est possible, en général grâce à l'affleurement de la nappe, ou même de résurgences, au pied des *tanety*.

Cas particulier des *tanety* aménagées en terrasses

Dans le Moyen-Ouest (et plus rarement au lac Alaotra), ces sols moyennement riches de tanety peuvent être aménagés en terrasses (en particulier les surfaces d'aplanissement bien conservées, les pénéplaines et les piémonts de tanety, mais une grande partie des tanety peut être également aménagée ainsi). Dans tous les cas, les sols sont moyennements riches (soit de par l'origine des matériaux, soit du fait d'un enrichissement après l'aménagement en terrasses), et les parcelles présentent toutes une semelle de labour, créée volontairement par un travail répété du sol pour conserver l'eau. Ces parcelles sont exondées, et selon l'accès à l'eau, on peut distinguer :

* **les pseudo-rizières non irriguées sur terrasses aménagées (PR NI TA)**, pour lesquelles l'alimentation en eau est pluviale, sans possibilité d'apport. Elles sont en général cultivées en riz durant la saison des pluies, avec des rendements faibles, très dépendants des conditions climatiques (0 à 1 t/ha). Sur le plan agronomique, si la contre-saison n'est pas possible (**PR NI TA sans CS,** situation la plus fréquente), il est préférable de les gérer comme les **sols moyennement riches de tanety compactés** (le travail du sol dans ces pseudo-rizières ayant créé une semelle de labour imperméable). On conduit alors ces parcelles en culture pluviale après avoir brisé la semelle de labour. Si la contre-saison est possible (**PR NI TA avec CS**), on peut gérer ces parcelles comme les **sols exondés dans la plaine, les bourrelets de berge et les *baiboho* avec possibilité de contre-saison**

* **les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, exondées (RMME E)**, dans lesquelles le riz est la culture dominante en saison mais dont l'irrigation très aléatoire conduit à des rendements moyens (0,5 à 1,5 t/ha) et irréguliers. En fonction des possibilités de production en contre-saison (de culture ou de plante de couverture) grâce à un accès à l'irrigation ou à la possibilité pour les plantes de capter la nappe phréatique (nappe peu profonde ou remontées capillaires importantes), on distingue les **RMME E sans contre-saison** des **RMME E avec contre-saison**, qui offrent plus de possibilités et pour lesquelles un plus grand nombre de systèmes peuvent être proposés pour améliorer les sols et la production ;



Tanety *aménagées en rizières (Moyen-Ouest)*

* **les rizières irriguées exondées (RI E)**, dans lesquelles le riz est cultivé avec d'assez bons rendements (1,5 à 2 t/ha) grâce à l'irrigation. Là encore, on distingue les **rizières irriguées exondées sans contre-saison possible (RI E sans CS)**, des **rizières irriguées exondées avec contre-saison (RI E avec CS)** qui offrent elles aussi plus de possibilités.

1.5. Les pseudo-rizières non irriguées, inondables (PR NI I)

Plus bas dans la plaine, des parcelles non irriguées (simplement entourées de diguettes) peuvent être inondées et en conséquence ne permettent que la culture de riz en saison. Ces situations ne représentent pas de grandes surfaces, mais on doit également y distinguer en fonction des possibilités de culture en contre-saison :

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les unités agronomiques

1.5.1. Les pseudo-rizières non irriguées, inondables, sans possibilité de contre-saison (PR NI I sans CS) dans lesquelles la monoculture de riz inondé est la seule possibilité, et

1.5.2. Les pseudo-rizières non irriguées, inondables, avec possibilité de contre-saison (PR NI I avec CS) qui permettent l'implantation d'une culture ou d'une plante de couverture en contre-saison, ce qui permet de rompre la monoculture du riz de saison (en particulier avec une légumineuse, fixatrice d'azote).

Au lac Alaotra, la plupart des rizières dans la plaine disposent cependant d'une irrigation, dont la maîtrise des apports d'eau est toutefois très variable. On distingue donc :

1.6. Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau

Dans ces rizières, un apport d'eau en saison est possible à certains moments, mais pas durant tout le cycle. En fonction des risques d'inondation en saison on distingue :

1.6.1. Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau exondées (RMME E)

Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau exondées reçoivent en général l'eau relativement tardivement (RMME dites «hautes»). Ces rizières correspondent à la même unité que sur les aménagements en terrasse, dans lesquelles le riz est la culture dominante en saison mais dont l'irrigation très aléatoire conduit à des rendements moyens et très irréguliers (0 à 3 t/ha en fonction des pluies, avec environ 1 t/ha en moyenne). Lorsqu'une contre-saison est possible (culture ou plante de couverture) grâce à un accès à l'irrigation (très rare) ou à la possibilité pour les plantes de capter la nappe phréatique (nappe peu profonde ou remontées capillaires importantes), on les classe comme **RMME E avec contre-saison.** A l'inverse, quand la production en contre-saison est impossible (nappe très profonde ou présence d'horizons sableux ou au contraire très argileux qui bloquent l'accès des racines à la frange humide), on les classe comme **RMME E sans contre-saison**, qui offrent moins de possibilités et pour lesquelles un nombre plus restreint de systèmes peuvent être proposés pour améliorer les sols et la production.



Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, en aval de zones de fragilité et de lavakas

1.6.2. Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, inondables (RMME I)

Dans ces rizières inondables, il existe de grandes différences dans les caractéristiques des sols suivant la texture et le taux de matière organique. Il est important de distinguer les rizières bien minéralisées des rizières hydromorphes très organiques (dans les zones basses, mal drainées) qui peuvent engendrer des toxicités fortes (fer, H2S). Ces différences de sols influencent avant tout l'itinéraire technique (type de fertilisation à apporter, variétés, dates de semis, possibilités de repiquage, etc.). Elles n'influencent le choix des systèmes qu'indirectement, à travers le régime hydrique et en particulier les possibilités de contre-saison.

On distingue donc deux grandes unités agronomiques (déterminant les choix des systèmes) qui peuvent se subdiviser en sous-unités (pour lesquelles les itinéraires techniques doivent être adaptés) :

1.6.2.1. Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, inondables sans possibilité de contre-saison (RMME I sans CS).

C'est en particulier le cas des :

• RMME inondables sableuses dans les zones de recouvrement (RMME I sableuse sans CS) ;

• RMME inondables organiques peu évoluées, avec présence d'un horizon sableux (RMME I organique sans CS)

• RMME argileuses, qu'elles soient alluvionnaires ou organiques(RMME I argileuse sans CS). Il peut s'agir de rizières dans lesquelles l'apport d'eau n'est possible que tardivement, après

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

l'installation des pluies (rizières dites "hautes", très fortement représentées au lac Alaotra), ou au contraire celles dans lesquelles l'eau est disponible en début de cycle mais ne l'est plus en fin de cycle (cas plus rare des rizières dites "basses").

Dans tous les cas, les remontées capillaires sont bloquées par l'horizon sableux ou argileux et ces RMME I sans contre-saison constituent un milieu très limitant, dans lequel un seul système est possible : la culture de riz en saison. Les différences au sein de cette unité agronomique ne concernent que l'itinéraire technique. Le repiquage du riz est possible dans les rizières dites "basses" alors qu'il ne l'est pas dans les rizières dites "hautes", les sols organiques peu évolués demandent des variétés et une fertilisation particulières, les sols argileux lourds doivent être travaillés en fin de saison des pluies quand ils sont humides, etc.



Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, inondables

1.6.2.2. Les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, inondables avec possibilité de contre-saison (RMME I avec CS)

Cette unité rassemble des sous unités telles que :

• les sols organiques peu évolués sans horizon sableux (RMME I organique avec CS) ;

• les sols sablo-limoneux ou limono-sableux (RMME I SL avec CS). Là encore, il peut s'agir de rizières dans lesquelles l'apport d'eau n'est possible que tardivement, après l'installation des pluies (rizières dites "hautes", très fortement représentées au lac Alaotra), ou au contraire celles dans lesquelles l'eau est disponible en début de cycle mais ne l'est plus en fin de cycle (rizières dites "basses")

1.7. Les rizières irriguées

Certains périmètres aménagés permettent de maîtriser les apports d'eau tout au long de la saison de culture. Les risques d'inondation en saison font qu'on distingue :

1.7.1. Les rizières irriguées exondées (RI E)

Dans ces rizières, le riz est cultivé avec d'assez bons rendements (2 à 4 t/ha) grâce à l'irrigation. Le riz est la culture quasi-exclusive en saison dans ces situations, bien qu'il soit possible de cultiver d'autres plantes en saison, sauf dans les périmètres irrigués où l'irrigation apportée pour le riz au niveau d'une maille ne permet pas un drainage suffisant dans des parcelles individuelles pour une culture comme le maïs. Au sein de ces rizières irriguées exondées, on distingue :

1.7.1.1. Les rizières irriguées exondées sans contre-saison possible (RI E sans CS)

dans lesquelles la monoculture de riz irrigué est la seule possibilité.

1.7.1.2. Les rizières irriguées exondées avec contre-saison (RI E avec CS)

qui offrent un grand nombre de possibilités pour le choix des systèmes.

Ces rizières exondées peuvent être cultivées ou non en saison. On y retrouve fréquemment du *Cynodon dactylon,* signe qu'elles ne sont pas inondées durablement, le Cynodon ne supportant pas une inondation prolongée.



Rizières en bordure du lac Alaotra

En descendant plus bas le long de la toposéquence, on arrive sur des parcelles en général irriguées (avec une maîtrise variable de l'irrigation), mais pour lesquelles le risque d'inondation prolongée en saison des pluies (plus de 5 jours consécutifs, sans possibilité de drainage) est important. Seule la culture du riz y est possible en saison.

En fonction des possibilités de contre-saison, on distingue :

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les unités agronomiques

1.7.2. Les rizières irriguées inondables (RI I)

En fonction de l'accès à l'eau en contre-saison ces rizières se subdivisent en :

1.7.2.1. Les rizières irriguées inondables sans contre-saison (RI I sans CS)
dans lesquelles le seul système possible est de la monoculture de riz irrigué ;

1.7.2.2. Les rizières irriguées inondables avec contre-saison (RI I avec CS),
qui permettent une culture de contre-saison en alternance avec une culture de riz irrigué.

Enfin, on trouve en bordure du lac Alaotra :

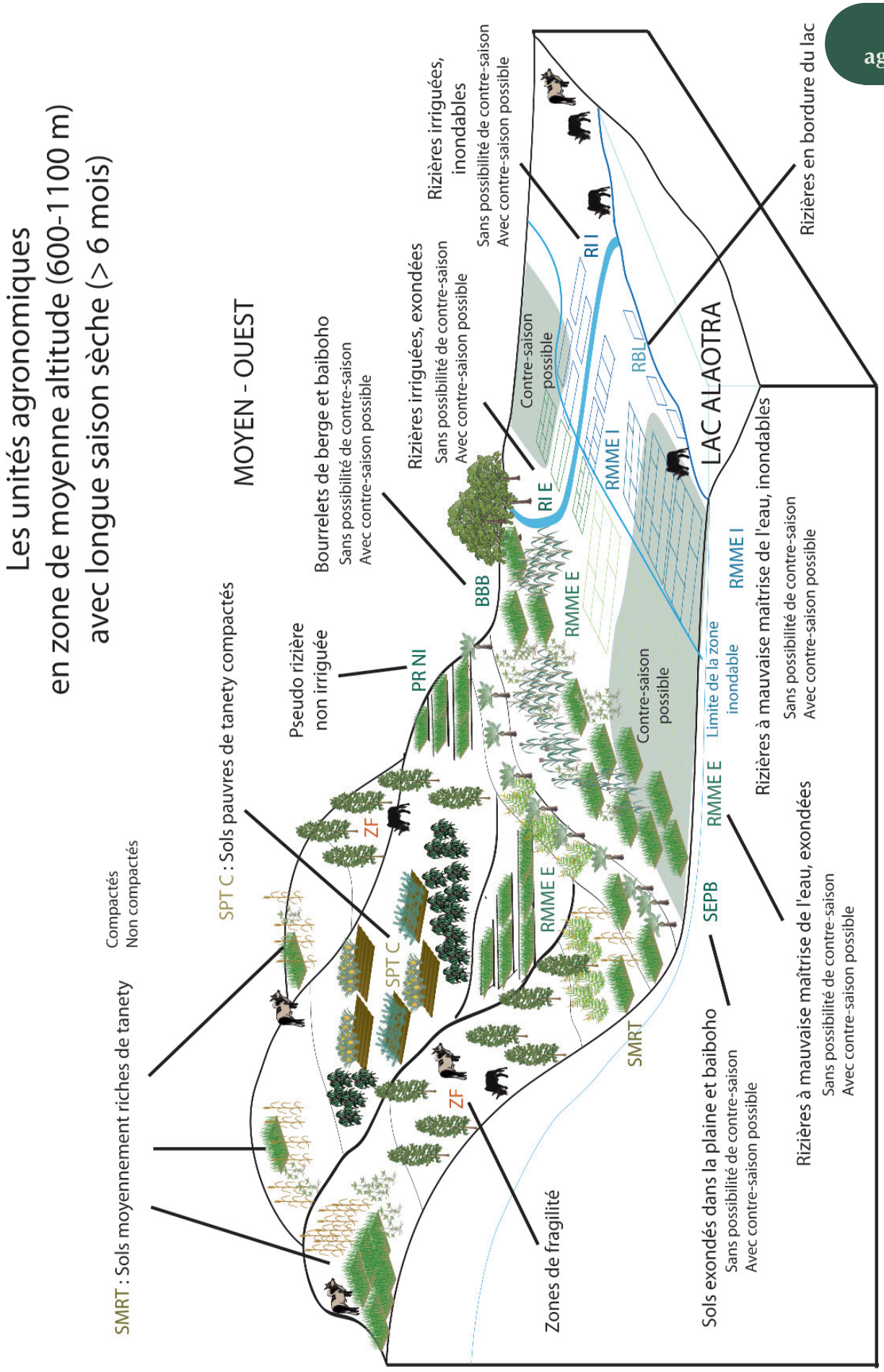
1.8. Les rizières en bordure du lac et les marais (RBL)

Ces rizières inondables sont soumises à un régime hydrique particulier, permettant la culture de riz de décrue durant la saison sèche.

Tanety et bas de pentes (non aménagés)	Sol pauvre	Sol très dégradé	Pas de contre-saison	ZF
		Sol compacté	Pas de contre-saison	SPTC
	Sol moyennement riche	Sol non compacté	Pas de contre-saison	SMRT NC
		Sol compacté	Pas de contre-saison	SMRT C
Tanety aménagées en terrasses	«Rizières» sans irrigation	Compacté. Exondé	Pas de contre-saison	PR NITA sans CS
		Compacté. Exondé	Contre-saison possible	PR NITA avec CS
	Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau	Compacté. Exondé	Pas de contre-saison	RMME E sans CS
		Compacté. Exondé	Contre-saison possible	RMME E avec CS
	Rizières irriguées	Compacté. Exondé	Pas de contre-saison	RI E sans CS
		Compacté. Exondé	Contre-saison possible	RI E avec CS
Plaine, Vallées et Bas-fonds	Baibohos, bourrelets de berges, sols exondés	Exondé	Pas de contre-saison	SEPBBB sans CS
		Exondé	Contre-saison possible	SEPBBB avec CS
	«Rizières» sans irrigation	Inondable	Pas de contre-saison	PR NI I sans CS
		Inondable	Contre-saison possible	PR NI I avec CS
	Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau	Exondé	Pas de contre-saison	RMME E sans CS
		Exondé	Contre-saison possible	RMME E avec CS
		Inondable	Pas de contre-saison	RMME I sans CS
		Inondable	Contre-saison possible	RMME I avec CS
	Rizières irriguées	Exondé	Pas de contre-saison	RI E sans CS
		Exondé	Contre-saison possible	RI E avec CS
		Inondable	Pas de contre-saison	RI I sans CS
		Inondable	Contre-saison possible	RI I avec CS
	Bordures du lac	Inondable	Culture de décrue	RBL

Ces unités agronomiques se retrouvent le long de toposéquences qui peuvent être synthétisées et schématisées ainsi :

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



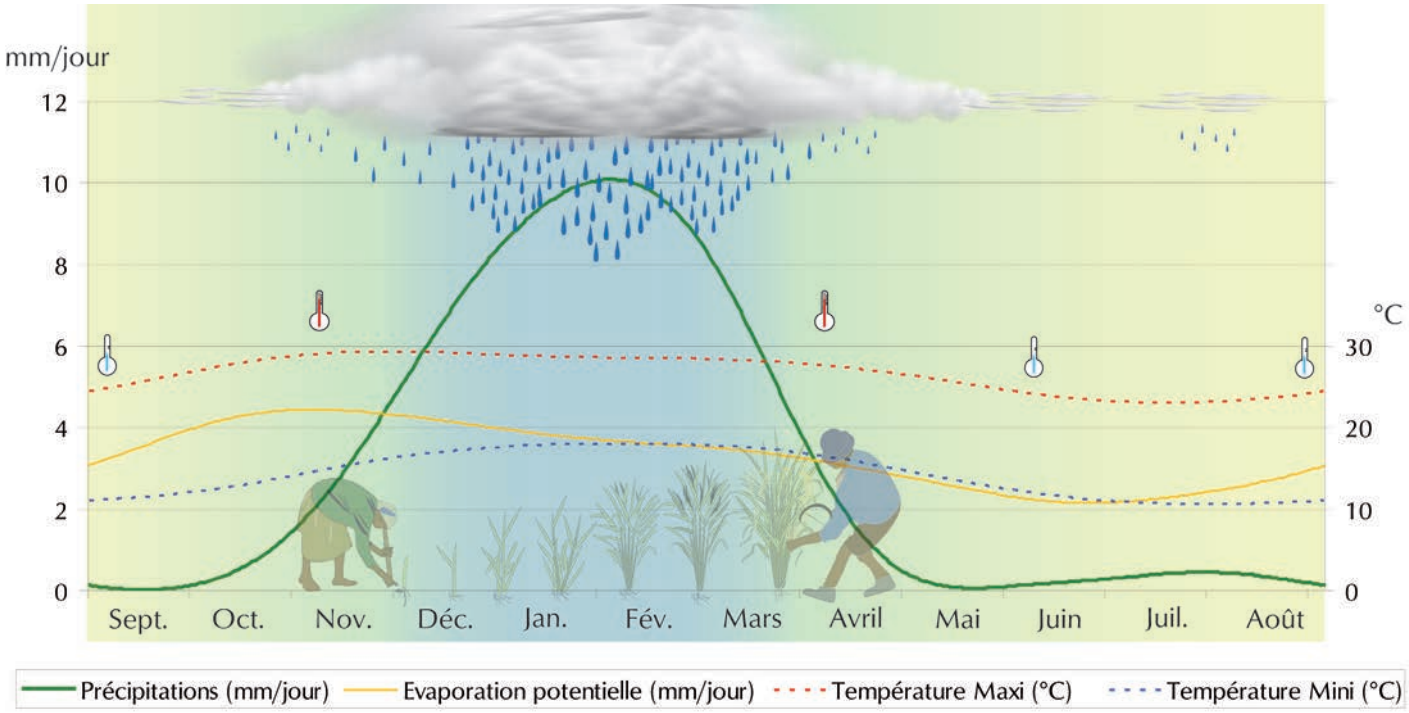
Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

2. Les facteurs du milieu bio-physique limitant la production agricole

2.1. Le climat

Facteurs limitant la production

Le principal facteur climatique limitant la production dans ce milieu est la **longue saison sèche** (plus de six mois). La succession de cultures de cycle court est possible dans la plaine avec des plantes capables de puiser l'eau dans la nappe phréatique ou par les remontées capillaires quand elles existent. Sur les *tanety*, les successions de cultures (la même année) ne sont pas possibles et seules des **associations** (culture principale et plante de couverture semées ensemble, ou décalées) permettront d'installer les plantes de couverture à temps pour qu'elles puissent continuer à se développer pendant la saison sèche.



Pluviométrie journalière, évaporation potentielle, température maximale et température minimale au lac Alaotra. Moyenne sur 10 ans (Source: New Loc Clim, FAO-DWD)

La saison des pluies se terminant dès la fin du mois de mars, il est très important de semer dès les premières pluies utiles (40 à 60 mm groupés en quelques jours) démarrant en général entre le 15 novembre et le 15 décembre.

2.2. Les sols

De manière générale, les sols sont **peu à moyennement fertiles** dans ces zones.

Au lac Alaotra, les sols sont le plus souvent pauvres et acides sur la rive Ouest, alors que la rive Est présente une fertilité moyenne. Dans le Moyen-Ouest, seuls les sols sur basaltes ont une fertilité correcte (sauf s'ils ont été fortement dégradés par les pratiques culturales), et l'on trouve très souvent des sols fortement dégradés, à fertilité basse et forte acidité, souvent compactés.

Au lac Alaotra, des carences en bore peuvent être fréquemment observées, notamment sur les cultures très sensibles comme le blé de contre-saison. En cas de fort taux de stérilité (en particulier sur arachide sur tanety et sur avoine ou riz dans les baibohos), l'application de bore (Boracine, 5-10 kg/ha) sera nécessaire pour obtenir une production de grains.

Sur tanety, des carences en zinc sont parfois observées, en particulier sur le riz et le maïs. L'application de sulfate de zinc (20 kg/ha pour 5 ans, ou 5kg/ha chaque année) peut être nécessaire.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Facteurs limitant la production

2.3. Adventices, insectes et maladies

Dans le Moyen-Ouest, le **striga** (*Striga asiatica*) est un problème majeur pour la culture de céréales avec les techniques traditionnelles (labour) à tel point que ces cultures ne sont pas installées pendant plusieurs années, et que les terres sont parfois abandonnées. Le semis direct sur couverture végétale permanente permet très rapidement de le contrôler.

Dans les deux zones, la **pression des insectes terricoles** (vers blancs, *Heteronychus sp.*, *Heterochonus sp.*, *Hoplochelus sp.*, etc.) est forte. Le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (2,5 à 5 g de Gaucho 45 WS / kg de semences, soit 0,875 à 1,75 g Imidaclopride et ,.25 à 0,5 g thirame / kg de semences) est nécessaire pour le riz, au moins les premières années (le temps qu'un nouvel équilibre écologique s'installe sous SCV). Pour le maïs, il doit être raisonné en fonction de la pression des insectes (qui est réduite pour les semis précoces).



Striga, plante parasite du riz, Moyen-Ouest

Dans certaines situations de très forte pression des insectes (*Heteronychus sp.* en bordure de plaine au moment de la mise en eau des parcelles basses et vers blancs dont les attaques sont fréquentes en février, plusieurs mois après les semis, etc.) l'utilisation de Carbofuran peut même être nécessaire (malgré ses effets nocifs sur la macrofaune utile du sol, dont les vers de terre).

Des alternatives biologiques, nettement préférables à l'utilisation de ces produits chimiques, sont en cours de mise au point avec des résultats prometteurs, en particulier en ce qui concerne :

• la recherche de plantes de couvertures ou de mélanges de plantes de couvertures aux facultés répulsives ou insecticides (crucifères en particulier, comme le radis fourrager)

• l'utilisation de produits biologiques (extraits de neem, rotenone, éliciteurs pour renforcer les défenses naturelles des plantes, etc.)

• la sélection de variétés plus résistantes aux attaques

• l'inoculation des sols par des champignons entomopathogènes comme *Metarhizium anisopliae*.



*Vers blancs (larves d'*Heteronychus *et d'*Hoplochelus*)*

Les rats peuvent causer des dégâts dans certaines situations de forte concentration de biomasse, et en particulier aux abords de forêts.

Des problèmes (fongiques) de fonte des semis peuvent apparaître sur légumineuses. Un **traitement anti-fongique systématique des semences** (Thirame, 2 g/kg de semence, très peu coûteux) est recommandé pour toutes les **légumineuses** alimentaires (pois de terre, arachide, haricot, soja, dolique, niébé, *Vigna umbellata*).

3. Les cultures possibles et les plantes de couvertures adaptées au climat

Les systèmes à proposer pour l'entrée en SCV doivent s'inspirer des systèmes paysans et de leurs cultures principales : riz (à préférer au maïs sur sols riches en aluminium mais à éviter sur sols compactés), maïs, manioc, arachide, pois de terre, haricot, etc. Il s'agit dès la première année de culture (souvent après labour selon le système traditionnel) d'augmenter fortement la production de biomasse par l'introduction de plantes de couvertures associées, en succession et/ou en rotation.

Pour les systèmes avec production de grains chaque année, les principales plantes de couvertures à recommander dans ces milieux sont :

• des légumineuses alimentaires volubiles (**dolique** : *Dolichos lab lab*, **niébé:** *Vigna unguicu-*

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

lata, et ***Vigna umbellata)*** dont les grains sont aussi consommés par l'homme, ***Cajanus cajan*** (de cycle court, également consommable par l'homme), **vesce** (*Vicia villosa*), **crotalaire** (*Crotalaria grahamiana, C. Juncea* et *C. spectabilis*) , et

• de puissantes légumineuses fourragères telles que le ***Stylosanthes guianensis*** dans les milieux les plus riches.

• des graminées fourragères et/ou alimentaires comme ***Eleusine coracana***, ***Brachiaria ruziziensis***.

Dans le cas où l'espace disponible permet d'alterner production vivrière et plantes de couverture/fourrages, on pourra recommander ***Stylosanthes guianensis*** et ***Brachiaria sp***. qui seront laissées en place plus d'une saison.

Toutes ces plantes peuvent être semées en même temps que la culture principale si elle est semée en doubles rangs pour favoriser la pénétration de la lumière entre les doubles lignes, et éviter la compétition de la plante de couverture sur la double ligne de culture.



Niébé sur couverture de Cynodon dactylon

4. Les dates de semis

Pour toutes les **cultures de cycle relativement long** (supérieur à 3-4 mois : riz, maïs, pois de terre, arachide, etc.), **sur les *tanety***, les **semis** doivent être faits **le plus tôt possible** (novembre ou début décembre en fonction de l'apparition des premières pluies) afin de permettre une bonne production et la mise en place des plantes de couverture en dérobé suffisamment tôt pour qu'elles puissent s'installer correctement avant la saison sèche, sans faire de compétition à la culture. Au lac Alaotra, la date la plus tardive du **05-10 janvier** doit être considérée comme une **date butoir pour le semis des céréales**, les risques climatiques (sécheresse en fin de cycle) augmentant fortement pour des semis après le 25 décembre et devenant très élevés après le 05-10 janvier. Dans le Moyen-Ouest, ces risques étant encore plus importants, les semis doivent s'effectuer impérativement avant fin décembre.

Après cette date, le **pois de terre et l'arachide (jusqu'au 15 janvier)**, sont à préférer, avec les cultures de cycle encore plus court. En cas de pluies très tardives en particulier, si l'installation des cultures ne peut se faire avant le 15 janvier, des cultures de cycle court comme le **niébé de cycle court** (que l'on peut semer en février) et le **haricot** (possible même jusqu'à la **fin du mois de février**) doivent être recommandées à la place, dans toutes les situations sur *tanety* (sols riches ou pauvres, compactés ou non). Il ne sera cependant pas possible de les associer à une plante de couverture en les semant si tardivement. **L'implantation de fourrages** et plantes de couverture (en culture pure ou en association avec du manioc) du type ***Brachiaria sp.*** peut se faire un peu **plus tardivement** si nécessaire, mais avant la **fin du mois de février.** Le ***Stylosanthes guianensis***, qui s'implante lentement, doit être semé plus tôt, **avant la fin janvier**.



Stylosanthes guianensis*, plante protectrice et amélioratrice du sol*

Dans tous les cas, sur *tanety* et *baiboho*, il est possible et recommandé de **semer en sec sous un paillage,** avant même les premières pluies si celles-ci se font attendre, et/ou si la main d'œuvre disponible ne permet pas de semer rapidement toutes les parcelles après les premières pluies. Grâce au paillage qui va absorber les premières pluies si elles sont faibles (<5-10 mm), les risques de germination sans une réserve en eau minimale dans le sol sont limités. Il faudra en effet une pluie supérieure à 15-20 mm pour déclencher la germination, ce qui, avec la ré-

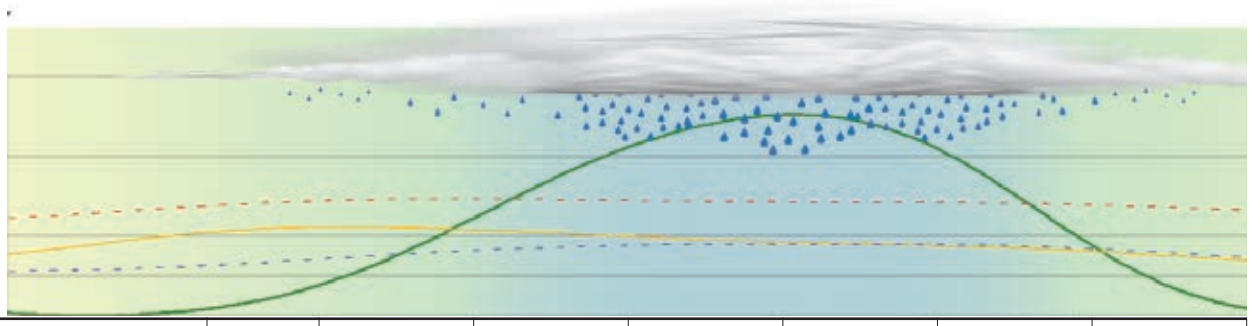
Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

duction de l'évaporation par le paillage, permet d'alimenter en eau les jeunes pousses pendant plus de 10-15 jours même en l'absence de pluies.

Dans les **rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, les *baibohos*, et les sols exondés dans la plaine**, le **semis du riz** peut se faire plus tardivement, jusqu'à la fin janvier (mais **de préférence avant le 15 janvier**), en utilisant des variétés non photopériodiques, et de cycle d'autant plus court que l'on sèmera tardivement. Le **semis tardif rendra l'installation d'une culture de contre-saison difficile** (en dérobé avant la récolte, ce qui augmente considérablement les temps de travaux).

Cultures et dates de semis

L'implantation de cette culture de contre-saison doit se faire dès que les risques d'engorgement (très préjudiciable à des cultures comme la vesce ou l'avoine) sont faibles. La date optimale de semis varie donc fortement en fonction de la position topographique de la parcelle et sa texture. En cas de retard (récolte tardive du riz par exemple), sur les *baiboho* avec remontées capillaires fortes, il est possible de travailler le sol au niveau du poquet pour mettre les semences au contact de la frange humide du sol.



		Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Tanety	Riz Maïs							
	Pois de terre Arachide Soja Vigna umbellata							
	Niébé Dolique							
	Haricot							
	Stylosanthes							
	Cajanus Crotalaire							
	Brachiaria							
	Manioc							
RMME, Baiboho, Sols exondés dans la plaine	Riz							
	Vesce Avoine							
	Vigna umbellata Niébé							
	Dolique							

Meilleures dates de semis — Semis possibles — Trop tardif: ne plus semer /changer de système

Calendrier des semis pour les différentes cultures au lac Alaotra

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

5. Les grands types de systèmes à proposer par unité agronomique

Les principes d'identification des systèmes possibles et ceux du choix des systèmes à proposer aux paysans dans chacune des unités agronomiques sont présentés dans le Volume II de ce manuel.

Ces principes sont appliqués dans chaque grande région agricole pour proposer des systèmes les plus proches possibles des systèmes paysans. Pour cela, il est nécessaire de considérer les caractéristiques principales de chaque région et d'en tirer les éléments déterminants.

Au Lac Alaotra et dans le Moyen-ouest, comme très souvent à Madagascar, le premier facteur à prendre en compte est le besoin (ou le souhait) du paysan de cultiver du riz sur la parcelle en question.

De la même manière, ses capacités d'investissement en intrants et travail déterminent très largement les possibilités de systèmes.

Enfin, ses besoins en fourrages pour le bétail ainsi que les risques de divagation d'animaux sont essentiels aux choix des plantes associées aux cultures principales.

Ces trois facteurs sont ainsi utilisés en priorité et constituent les trois premières clefs d'entrées dans les tableaux de synthèse permettant de raisonner ces choix de systèmes dans ces régions.

D'autres facteurs permettent ensuite d'affiner le choix des systèmes :

• Au lac Alaotra, la taille relativement importante des parcelles, l'habitude de l'emploi de produits pesticides (donc la disponibilité des pulvérisateurs) et la petite mécanisation en cours de développement rapide permettent de proposer des systèmes relativement intensifs, avec utilisation d'intrants. De plus, l'élevage relativement développé (pour la traction animale en particulier au lac Alaotra) fait que la production de fourrages peut être un intérêt supplémentaire des systèmes SCV proposés.



Stylosanthes dans le Moyen-Ouest

• Dans le Moyen-Ouest, les systèmes SCV sont particulièrement appréciés pour leur aptitude à permettre rapidement la culture de céréales sur des zones infestées de striga. Les systèmes à base de stylosanthes s'y diffusent rapidement.

Ces tableaux de synthèses pour les choix de systèmes sont complétés par des tableaux présentant les principales caractéristiques de ces systèmes qui permettent de vérifier que les systèmes identifiés satisfont bien les besoins des agriculteurs et sont compatibles avec leurs contraintes.

Dans tous les cas, les cultures (céréales, légumineuses, tubercules) peuvent être installées sur labour en première année et doivent être associées autant que possible à des plantes, qui peuvent être :

• des légumineuses alimentaires comme les vignas (*Vigna umbellata* et niébé = *Vigna unguiculata*), qui permettent d'obtenir un revenu supplémentaire (à condition d'effectuer des traitements insecticides indispensables pour la production de grains),

• des plantes fourragères pour nourrir les animaux ou au contraire des plantes qui ne sont pas appétées par les animaux pour se prévenir du risque de divagation, et/ou

• des plantes dont la fonction première est d'enrichir les sols et d'en améliorer la structure et/ou de contrôler l'enherbement.

S'il existe de la biomasse disponible dans le milieu environnant, toutes les cultures profiteront d'un paillage en première année (protection contre l'érosion, moins de sensibilité au stress hydrique, moins d'enherbement). Si la biomasse est limitée, il faut donner la priorité pour le paillage aux parcelles de *Vigna umbellata* (qui ne doit pas être cultivé sans paillage), au riz (sensible au stress hydrique, exigeant des sarclages longs) et au pois de terre (qui voit son rendement augmenter très fortement).

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

En SCV, un apport d'azote pour les céréales est nécessaire sur un mulch de graminées, excepté si on vient de faire un écobuage.



Riz sur stylosanthes

Tous les systèmes proposés en année «zéro» permettent normalement une production de biomasse suffisante pour les années suivantes. Cependant, si la biomasse restant au sol avant le semis est insuffisante (en particulier en cas de forte exportation pour les animaux), il est nécessaire de :

- la compléter par un apport de paille supplémentaire (si disponible) ;
- concentrer la biomasse totale sur une partie de la parcelle (l'autre partie étant reconduite après labour, en année «zéro» de préparation des SCV) ; ou
- prévoir d'utiliser de l'herbicide.

Pour les systèmes dans lesquels une plante de couverture vivace est installée mais n'a pas produit suffisamment de biomasse au moment où il faudrait remettre en culture, la solution la plus simple, si la place disponible le permet, est de laisser cette plante de couverture produire une forte biomasse. Notons également que dans le cas où cette plante de couverture vivace installée a produit suffisamment de biomasse, mais que pour une raison ou une autre l'agriculteur ne peut pas remettre la parcelle en culture (maladie, etc.), il n'y a aucun problème à laisser cette parcelle produire une très forte biomasse qui sera utilisée la saison suivante. Il faut cependant prendre garde dans ce cas à ne pas laisser la plante vivace se développer au delà d'une biomasse trop difficile à gérer pour la conduite de SCV. On peut en particulier utiliser cette parcelle comme parcelle fourragère.

Dans tous les cas, il est important de produire et restituer au sol une forte biomasse aérienne et racinaire au moins une année sur deux, pour alimenter le semis direct sur couverture végétale permanente (apport de matière organique, amélioration de la porosité du sol et maintien d'une couverture en permanence). Plus le nombre et la diversité des espèces produites dans les systèmes sont élevés, plus la production de biomasse et les services écosystémiques rendus sont importants, mais en revanche, plus la gestion en est compliquée. Il s'agit donc de trouver des compromis entre facilité de gestion et performance des systèmes, et entre production de grains/tubercules/fourrages et production de biomasse pour le bon fonctionnement des SCV. Dans un premier temps, pour l'apprentissage des SCV, la priorité est donnée à des systèmes simples à gérer, avec un nombre limité de plantes multifonctionnelles. Les systèmes présentés ici se limitent donc à ces systèmes qui conjuguent simplicité et performances.

Enfin, rappelons que, selon le principe de «qui peut le plus peut le moins», tous les systèmes recommandés sur sol compacté peuvent se conduire sur sol non compacté, en général avec des performances supérieures et un risque moindre. De la même façon, tous les systèmes possibles sur sol pauvre peuvent se conduire sur sol moyennement riche ou riche, avec des rendements supérieurs. Cependant, les paysans préfèrent en général produire leurs cultures de prédilection (riz, maïs, qui sont exigeants) dès que le sol le leur permet et il est rare de voir des cultures de plantes peu exigeantes sur des sols riches.



Maïs + dolique.
Lac Alaotra

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

6. Les systèmes à proposer par unité agronomique

Les zones de fragilité (ZF)

Les zones de fragilité aux sols très dégradés ne permettent pas d'assurer une production végétale rentable. Elles doivent être protégées dans le cadre d'un aménagement au niveau des terroirs dans leur ensemble. L'installation de plantes pérennes (brachiaria, stylosanthes) y est recommandée, même si ce travail doit être envisagé dans le cadre d'actions collectives de protection, sans bénéfice économique direct. Ces plantes pérennes peuvent toutefois servir à l'alimentation des animaux, de manière raisonnée.



Zone de fragilité à protéger

L'installation d'arbres est aussi une option d'aménagement à promouvoir. Elle peut se faire en même temps que l'installation de plantes pérennes, ou après que celles-ci aient restauré en partie la fertilité du sol. Il faut dans ce cas contrôler la plante de couverture pérenne installée pour qu'elle n'entre pas en compétition avec les jeunes arbres.

Sols pauvres de *tanety,* souvent compactés (SPTC)

Ces sols posent le double problème d'une faible fertilité et d'une forte compaction.

Le riz ou le maïs se développent généralement très mal sur ces sols. La culture de riz dès la première année n'est possible qu'après écobuage et avec apport d'engrais recommandé, ce qui implique un investissement important pour des résultats incertains. Elle n'est a proposer que si le paysan souhaite absolument cultiver du riz dès la première année, en lui indiquant les risques pris. Seules des cultures peu exigeantes (manioc, pois de terre, niébé, haricot) doivent être recommandées la première année.



Sols pauvres de tanety Moyen-Ouest

De manière générale, l'objectif à viser est d'installer des plantes de couverture qui permettront de faire évoluer ces sols vers la situation plus favorable de «sols moyennement riches de tanety, non compactés» (SMRT NC). Pour cela, on associe en priorité à ces cultures peu exigeantes des plantes capables de décompacter les sols et d'y injecter du carbone comme les brachiaria et dans une moindre mesure *Stylosanthes guianensis, Cajanus cajan* ou *Crotalaria spp*. Ces légumineuses permettent d'améliorer la fertilité plus rapidement que les graminées, mais ont une capacité à restructurer les sols plus faible. Sur ces sols pauvres, l'amélioration des sols est progressive et il est nécessaire de laisser les plantes de couverture «travailler» deux années, voire plus, sur des sols très dégradés. La biomasse produite par ces plantes pérennes laissées au moins deux ans en place peut être partiellement utilisée pour l'alimentation des animaux ou encore pour réaliser un écobuage sur ces sols pauvres.

On peut ainsi proposer les systèmes suivants :

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Sols pauvres de *tanety,* souvent compactés (SPTC)

Systèmes à proposer sur sols pauvres de *tanety* (souvent compactés)

Production de riz...		Intrants	Animaux	Systèmes/rotations à proposer Année 0 // Année 1 // Année 2		Remarques
...en première année		**Ecobuage indispensable** **Engrais nécessaires**		A 0	Riz sur écobuage // (cf situation SMRT NC) Intérêt limité (investissement important, résultat incertain)	Evolution rapide vers la situation SMRT NC avec accent sur la fertilité chimique du sol
...après restauration des sols par une couverture végétale	Produire des grains ou des tubercules	**Engrais recommandés sur riz** **Sans herbicide** **Traitement de semences recommandé sur riz**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	A 1	Manioc + stylosanthes // Manioc + stylosanthes // Riz (+ stylo) Pois de terre + stylosanthes // Stylosanthes // Riz (+ stylo) Arachide + stylosanthes // Stylosanthes // Riz (+ stylo)	Evolution vers la situation SMRT NC avec accent sur la fertilité chimique du sol et dans une moindre mesure sur la restructuration
		Engrais nécessaire sur riz **Herbicide nécessaire sur riz** **Traitement de semences recommandé sur riz**		A.2	Manioc+ B. ruziziensis // Manioc + B. ruzi // Dolique // Riz Pois de terre + B. ruzi // Manioc + B. ruzi // Dolique // Riz Arachide + B. ruzi // Manioc + B. ruzi // Dolique // Riz	Evolution vers la situation SMRT NC, avec accent sur la décompaction Azote nécessaire pour le riz sur couverture de Brachiaria
		Engrais nécessaire sur riz **Herbicide recommandé** **Traitement de semences recommandé sur riz**		A 3a	Pois de terre + Cajanus // Riz	Evolution vers la situation SMRT NC plus ou moins rapide, en fonction du développement du cajanus ou de la crotalaire. Ne faire du riz en année 1 que si le cajanus ou la crotalaire sont bien développés. Apporter de l'engrais. Si le cajanus ou la crotalaire ont un développement faible, ce qui traduit une fertilité très faible ou une forte compaction, installer des systèmes A1 ou A2
				A 3b	Arachide + Cajanus // Riz	
			Biomasse non appétée, maintenue même en cas de divagation	A 3c	Pois de terre + crotalaire // Riz	
				A 3d	Arachide + Crotalaire // Riz	
Implantation de pâturage pérenne	Production de fourrage	**Engrais recommandés** **Sans herbicide** **Sans traitement de semences**	Utilisation en fourrage	A 4	Manioc + Brachiaria humidicola ou brizantha// Manioc + B. humidicola ou brizantha// B. humidicola ou brizantha	Amélioration rapide de la structure du sol. Apporter de l'engrais à chaque exploitation en fourrage pour éviter de miner la fertilité.

Intrants nécessaires
Intrants recommandés
Sans intrants

Système recommandé

Système possible

Système peu recommandé mais permettant la production de riz en première année

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Production de tubercules ou graines et installation de plantes de couverture pérennes

A 1: Manioc + Stylosanthes// Manioc + Stylosanthes // Riz
Pois de terre + Stylosanthes// Stylosanthes // Riz
Arachide + Stylosanthes// Stylosanthes // Riz

Les systèmes à base de *Stylosanthes guianensis* associé à une plante peu exigeante sont très intéressants sur ces sols car possibles sans engrais, tout en procurant une bonne amélioration de la structure et de la fertilité du sol à condition de les laisser suffisamment longtemps. Le système le plus intéressant dans de nombreuses situations est l'association **Manioc + *Stylosanthes guianensis*** (cycle de 18 à 24 mois pour le manioc), facile à conduire et qui permet de restaurer la fertilité des sols relativement rapidement, à moindre coût, tout en produisant du manioc. Ce système très simple à mettre en oeuvre est d'une grande souplesse. Il permet un gain de rendement du manioc par rapport au système traditionnel (gain cependant plus faible qu'avec le brachiaria).



Manioc + stylosanthes.
Lac Alaotra

Le stylosanthes peut aussi être implanté dans une culture de pois de terre (Pois de terre + stylosanthes) ou d'arachide (Arachide + stylosanthes) qui peuvent être très intéressantes économiquement, en particulier si un paillage peut être apporté.

Sur ces sols dégradés, il est préférable de ne pas utiliser le stylosanthes comme fourrage pour permettre une restauration plus rapide du sol. En cas de prélèvement de stylosanthes pour l'alimentation animale (très bonne qualité fourragère), cette exploitation ralentira la restauration de la fertilité et le stylosanthes devra être laissé en place plus longtemps (trois à quatre ans) avant de pouvoir implanter du riz. En l'absence de prélèvement, il est possible d'installer du riz sur la couverture de stylosanthes dès qu'il est bien développé, souvent dès l'année 2. Cette installation ne nécessite pas d'herbicide (fauche au ras du sol ou roulage du stylosanthes en saison sèche). La fixation d'azote importante par le stylosanthes permet de réduire la dose d'engrais nécessaire pour la culture suivante.







SPTC

A 2: Manioc + *Brachiaria ruziziensis*// Manioc + *B. Ruzi.* // Dolique //Riz
Pois de terre + *Brachiaria ruziziensis*// *B. Ruziziensis* // Dolique //Riz
Arachide +*Brachiaria ruziziensis*// *B. Ruziziensis* // Dolique //Riz

Les systèmes à base de *Brachiaria ruziziensis* sont également très intéressants, en particulier sur les sols très compactés. Comme pour le stylosanthes, on peut associer le brachiaria à du manioc (cycle de 18 à 24 mois) ce qui permet une augmentation considérable du rendement du manioc par rapport à une culture de manioc pur, la production de fourrage de qualité et une très bonne restructuration du sol pour remise en culture après deux ans. Le contrôle du brachiaria pour remise en culture nécessite cependant l'usage d'herbicide (glyphosate, 1080 g/ha). Une culture de riz sur paillage de brachiaria est possible mais exige un apport d'engrais (azote). Elle n'est pas recommandée et il est préférable de cultiver tout d'abord une légumineuse de cycle long comme la dolique ou le niébé, ou encore du stylosanthes associé à une culture vivrière, ce qui préparera une culture de riz dans de très bonnes conditions l'année suivante. Il faut éviter de laisser grainer le brachiaria l'année précédant la remise en culture (fauche ou pâture avant la floraison, ce qui relance sa croissance).



Manioc + Brachiaria ruziziensis





Saison suivante



Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Production de graines et plantes de couverture annuelle

A 3: Légumineuse alimentaire + Cajanus // Riz
Légumineuse alimentaire + Crotalaire // Riz

A 3a. Pois de terre paillé + *Cajanus cajan* de cycle court. Ce système présente un intérêt économique fort, puisqu'il est possible sans engrais minéral ni herbicide et que les revenus procurés par le pois de terre peuvent être très élevés à condition qu'il soit paillé : le paillage permet d'améliorer fortement les rendements, tout en réduisant considérablement les temps de travaux au moment des sarclages et de la récolte. La restructuration du sol et la fixation d'azote par la légumineuse associée, si elle se développe bien, permettent de relever le niveau de fertilité du sol. Le développement du Cajanus sur des sols pauvres peut être insuffisant en année «zéro» pour permettre le semis direct d'une culture la saison suivante. Il faut alors considérer se retrouver dans la même situation qu'en début d'année «zéro» et conduire un système A1 ou A2 pour produire une forte biomasse qui permettra de cultiver riz ou maïs après amélioration du sol (mais l'apport d'engrais, et l'utilisation d'herbicide seront souvent nécessaires).



Arachide + Cajanus cajan

Les traitements insecticides ne sont pas (en général) nécessaires pour le pois de terre dans ces zones.

A 3b. Arachide (paillée) + *Cajanus cajan* de cycle court. Ce système présente des exigences et des performances semblables au précédent avec pois de terre. De même, l'apport d'un paillage est très intéressant (augmentation des rendements, réduction des temps de sarclage et de récolte). Les traitements insecticides ne sont pas (en général) nécessaires pour l'Arachide dans ces zones.

SPTC

Ces systèmes ont l'avantage d'être peu exigeants. Ils ne nécessitent pas d'apport d'engrais et peuvent se faire sans herbicide sur des parcelles déjà cultivées.

Le *Cajanus cajan* est très appété par les animaux. Pour une restauration rapide du sol, il est donc nécessaire de le protéger pour éviter qu'il ne soit consommé.

Si les risques de divagation d'animaux sont importants et que le cajanus ne peut pas être protégé, il est préférable de remplacer le cajanus par de la crotalaire, aux effets et à la gestion assez comparables, mais qui n'est pas appétée par les animaux et restera ainsi en place.

Les systèmes **A 3c. Pois de terre paillé + Crotalaire** ou **A 3d. Arachide (paillée) + Crotalaire** ont des caractéristiques très proches de leur équivalent avec le cajanus à la place de la crotalaire. Le cajanus reste cependant vert plus longtemps et perd ses feuilles plus tardivement que la crotalaire, ce qui fait que sa couverture reste plus longtemps.



Pois de terre + crotalaire sur paillage

Dans tous les cas, les semis du pois de terre et de l'arachide doivent se faire en lignes espacées d'au moins 0,4 mètre pour permettre l'association avec la plante de couverture, les semis du cajanus ou de la crotalaire dans le pois de terre ou l'arachide se faisant 20 à 30 jours après les semis, dans les interlignes.

Le contrôle des plantes de couverture pour remise en culture l'année suivante se fait par fauche, sans nécessiter de recours à un herbicide.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Implantation de pâturage pérenne

A 4: Manioc + Plante fourragère// Manioc + Plante fourragère // Fourrage

Si l'on veut implanter un pâturage pérenne, il est intéressant de l'installer dans une culture. Le manioc est une culture qui permet bien cela. On peut ainsi proposer les systèmes:

A 4. Manioc + *Brachiaria brizantha* ou **Manioc + *Brachiaria humidicola*** pour une implantation de pâturage pérenne (et une augmentation forte du rendement du manioc). La culture de manioc paie les frais de l'installation du pâturage. Le *Brachiaria humidicola* est préférable au *Brachiaria brizantha* sur les pentes fortes pour sa couverture rapide et totale du sol et donc un meilleur contrôle de l'érosion. L'effet positif du brachiaria sur la production du manioc ne se fait sentir que si le manioc et le brachiaria sont associés au moins 6 à 8 mois, pour que le brachiaria soit suffisamment développé. La remise en culture après plusieurs années de pâturage nécessitera l'usage d'herbicide à dose élevée surtout pour *B. humidicola* (glyphosate, 1800-2 160 g/ha) et d'engrais, en particulier pour une culture de céréale. De plus, il faut éviter de laisser grainer le brachiaria l'année précédant la remise en culture (fauche ou pâture avant la floraison, ce qui relance sa croissance).



Manioc + Brachiaria humidicola



Sols pauvres de *tanety sur jachere à Cynodon dactylon bien développé*

Ces sols de tanety pauvres, quand ils ne sont pas cultivés sont souvent couverts de jachère à *Cynodon dactylon*. Quand celui-ci est bien développé, la structure du sol est généralement bonne (restructuré par les racines du Cynodon). Ces sols sont rechargés en carbone, et le problème principal en est le niveau de fertilité chimique très faible. L'utilisation d'herbicide pour leur mise en culture sans travail du sol dès la première année est fortement recommandée car elle réduit considérablement le travail tout en augmentant les rendements.

Les systèmes possibles et recommandés sont présentés sur le tableau de la page suivante. Comme les sols sont déjà structurés sous Cynodon et que la couverture du sol est assurée, les systèmes à recommander dans ces situations sont ceux avec production de grains ou de tubercules chaque année, sur couverture morte ou vive.



Riz sur Cynodon mort

Production de riz sur plante de couverture pérenne

A 5: Riz sur Cynodon mort //Maïs + Légumineuse ou autre système SMRT NC

A 5. Riz (+ *Cajanus cajan* Cycle court ou **Crotalaire)** est un système possible mais coûteux qui peut être recommandé si les agriculteurs tiennent absolument à cultiver du riz. Ceci nécessitera obligatoirement l'utilisation d'herbicide (glyphosate, 1800-2160 g/ha) pour contrôler le Cynodon et d'engrais minéral (ou écobuage) pour compenser la faible fertilité de base de ces sols et faire face au risque de blocage d'azote sur un mulch de graminées. Ce riz pourra être suivi en deuxième année de maïs associé à une légumineuse alimentaire volubile (dolique, niébé ou *Vigna umbellata*) comme dans la situation SMRT NC. Le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (voire même du sol au Carbofuran dans certaines situations de très forte pression des insectes) contre les vers blancs et les *Heteronychus* est nécessaire pour le riz.



Systèmes à proposer sur sols pauvres de tanety, couverts de *Cynodon dactylon*

Production de riz...		Intrants	Animaux	Systèmes/rotations à proposer Année 0 // Année 1 // Année 2		Remarques
...en première année		**Engrais ou écobuage indispensable** **Herbicide nécessaire**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	A 5	Riz sur Cynodon // (cf situation SMRT NC) Intérêt limité (investissement important, risque)	Evolution lente de la fertilité chimique du sol
...après restauration des sols par une couverture végétale	Produire des grains ou des tubercules	**Herbicide nécessaire** **Engrais nécessaire sur riz**	Utilisation partielle en fourrage possible	A 1	Manioc + stylosanthes // Manioc + stylosanthes // Riz (+ stylo) Pois de terre + stylosanthes // Stylosanthes // Riz (+ stylo) Arachide + stylosanthes // Stylosanthes // Riz (+ stylo)	Evolution vers la situation SMRT NC avec accent sur la fertilité chimique du sol
			Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	A 3	Pois de terre + Cajanus cajan // Riz // (cf situation SMRT NC) Arachide + Cajanus cajan // Riz // (cf situation SMRT NC) Niébé + Cajanus cajan // Riz // (cf situation SMRT NC) Haricot + Cajanus cajan // Riz // (cf situation SMRT NC)	Evolution vers la situation SMRT NC plus ou moins rapide, en fonction du développement de la légumineuse. Ne faire du riz en année 1 que si la légumineuse est bien développée. Attention à tuer totalement le Cynodon pour éviter sa reprise.
			Biomasse non appétée	A 3	Pois de terre + crotalaire // Riz // (cf situation SMRT NC) Arachide + Crotalaire // Riz // (cf situation SMRT NC) Niébé + crotalaire // Riz // (cf situation SMRT NC) Haricot + Crotalaire // Riz // (cf situation SMRT NC)	
			Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	A..6	A.6a. Dolique sur Cynodon mort// Riz //(cf situation SMRT NC) A.6b. Niébé Cycle long sur Cynodon mort// Riz //(cf situation SMRT NC) A.6c. Vigna umbellata sur Cynodon mort// Riz //(cf situation SMRT NC) A.6d. Soja sur Cynodon mort// Riz //(cf situation SMRT NC)	
Pas de riz	Légumineuse sur couverture vive	**Engrais recommandés** **Herbicide indispensable**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	A 7	Légumineuse à graine sur Cynodon vif// Légumineuse à graine sur Cynodon vif// Légumineuse à graine sur Cynodon vif (Pois de terre, Arachide, Niébé, Dolique, *Vigna umbellata*, Soja)	Contrôle partiel du Cynodon pour permettre sa repousse. Protection du sol Alterner la légumineuse d'une année sur l'autre.

Intrants nécessaires
Intrants recommandés
Sans intrants

Système recommandé

Système possible

Système peu recommandé mais permettant la production de riz en première année

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

L'utilisation d'herbicide (à faible dose) en deuxième année est nécessaire, de nombreuses dicotylédones se développant souvent après que le Cynodon se soit décomposé. L'implantation de *Cajanus cajan* ou de crotalaire dans le riz pluvial permet d'augmenter la production de biomasse mais suppose un semis précoce de ce dernier, ce qui implique un contrôle du Cynodon en fin de saison des pluies précédente, recommandé dans tous les cas.

A 1: Manioc + Stylosanthes// Manioc + Stylosanthes // Riz

Le Cynodon pouvant être utilisé comme fourrage, il y a peu d'intérêt à le remplacer en implantant un autre fourrage. Par contre, il peut être intéressant d'installer du stylosanthes qui permet d'enrichir le sol. Cette implantation peut se faire dans du manioc qui se poursuit l'année suivante en association avec le stylosanthes. Deux saisons de stylosanthes préparent une culture de riz l'année suivante, sur un sol enrichi.Il est aussi possible d'implanter le stylosanthes dans une autre culture peu exigeante comme le pois de terre ou l'arachide.

Production de graines et plantes de couverture annuelle

A 3: Légumineuse alimentaire + Cajanus //(Lég. alimentaire + Cajanus //) Riz

A 3: Légumineuse alimentaire + Crotalaire//(Lég. alimentaire + Crotalaire//) Riz



Arachide + Crotalaire. Lac Alaotra

Les mêmes systèmes à base de pois de terre ou d'arachide que sur sols pauvres de *tanety* en culture peuvent être proposés, avec les mêmes avantages. Ils nécessiteront cependant l'utilisation d'herbicide pour le contrôle du Cynodon (glyphosate, 1800-2160 g/ha) en première année:

A 3a. Pois de terre + *Cajanus cajan* Cycle court ou

A 3b. Arachide + *Cajanus cajan* Cycle court

A 3c. Pois de terre + Crotalaire

A 3d. Arachide + Crotalaire

On peut ajouter à ces systèmes les systèmes à base de niébé ou de haricot :

A 3e. Niébé de cycle court + *Cajanus cajan* Cycle court (appété par les animaux) ou

A 3f. Niébé de cycle court + Crotalaire (non appétée par les animaux).



Niébé + crotalaire. Lac Alaotra

Ces systèmes ont l'avantage de produire plus de biomasse et de fixer plus d'azote que ceux avec pois de terre. La culture suivante (riz ou maïs possibles) peut souvent se faire sans herbicide (si la biomasse produite est suffisante). Cependant, la fertilisation minérale est recommandée et la production de grains de niébé nécessitera l'utilisation d'insecticides ce qui n'est pas le cas (ou rarement) pour le pois de terre, l'arachide ou le haricot. L'apport d'un paillage est également intéressant quand la biomasse est disponible.

A 3g. Haricot + *Cajanus cajan* Cycle court (appété par les animaux) ou **A 3h Haricot + Crotalaire** (non appétée par les animaux) sont des systèmes très proches de ceux avec niébé associé à ces légumineuses. Cependant la fertilisation minérale est encore plus recommandée pour le haricot que pour le niébé et la production de biomasse est inférieure. En revanche, les traitements insecticides ne sont pas (en général) nécessaires pour le haricot dans ces milieux là alors qu'ils sont indispensables pour le niébé.



SPJC









Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Production de graines sur plante de couverture pérenne

A 6: Légumineuse alimentaire sur Cynodon //(Cf. SMRT NC)



Niébé sur Cynodon mort
Lac Alaotra

Sur ces sols couverts par le Cynodon et bien structurés, on peut également proposer la culture de **A 6a.Dolique,** de **A 6b. Niébé (Cycle long)** ou de **A 6c. *Vigna umbellata*** qui prépareront bien une culture de riz

Tous ces systèmes pourront être suivis l'année suivante de cultures de riz ou de maïs (avec apport d'engrais obligatoire sauf en cas d'écobuage en année «zéro») ou de légumineuse (apport d'engrais minéral toutefois recommandé pour niébé, dolique, *Vigna umbellata* ou haricot). La culture de **A 6d. Soja sur Cynodon** est également possible dans les mêmes conditions et pourrait devenir très intéressante si des débouchés se créaient pour cette culture.

Les semis du pois de terre, de l'arachide, du niébé ou du haricot doivent se faire en lignes espacées d'au moins 0,4 mètre pour permettre l'association avec des plantes de couverture, les semis du cajanus ou de la crotalaire dans le pois de terre, l'arachide, le haricot, le niébé, ou le riz se faisant 20 à 30 jours après les semis, dans les interlignes.



Dans tous les cas, l'implantation des cultures se fait en semis direct dès le premier cycle dans le Cynodon tué avec 1800-2160 g/ha de glyphosate (couverture morte). Il est possible de remettre en culture en première année par labour de saison sèche à la place de l'herbicide, mais cette pratique est très exigeante en main d'œuvre et beaucoup moins performante que l'utilisation d'herbicide qui est très fortement recommandée (le labour détruit la restructuration du sol faite par le Cynodon). La reprise du Cynodon en début de saison des pluies suppose que le Cynodon soit reparti en végétation (indispensable pour l'efficacité du glyphosate) et donc un semis plus tardif : Tuer le Cynodon en février/mars (meilleure efficacité du glyphosate car le Cynodon va sécher après la floraison, et la saison sèche rendra plus difficile le redémarrage). Cela permettra aussi de limiter le blocage d'azote sur les céréales pour la saison des pluies suivante.

Un intérêt de ces parcelles de jachère est que le Cynodon constitue un couvert végétal permanent déjà installé, qui peut facilement être utilisé en couverture vive. Ainsi, on peut proposer les systèmes :

A 7: Légumineuse alimentaire sur couverture vive de Cynodon



Ces systèmes ont l'avantage de maintenir une couverture végétale vive en permanence (protection totale des sols), et peuvent être reconduits d'une année sur l'autre sans avoir à réinstaller une plante de couverture. Ils nécessitent l'usage d'herbicide, indispensable pour simplement contrôler temporairement le cynodon, sans le tuer (720-1080 g/ha en fonction de la vigueur du Cynodon). Les rendements sont au moins aussi bons, et souvent meilleurs que si le Cynodon est totalement tué (synergie?). Ce contrôle demande cependant une bonne maîtrise technique de la pulvérisation afin de contrôler suffisamment (mais sans le tuer) le Cynodon. L'accès à un graminicide sélectif (Fluazifop-P-butyl en post levée par exemple) sécurise ce système. Des traitements insecticides sont nécessaires pour récolter des grains de niébé, mais pas pour le haricot (ou très rarement). Il est recommandé d'alterner les légumineuses dans les rotations. La culture de soja sur Cynodon vif pourrait devenir très intéressante si des débouchés se créaient pour cette culture. Si l'on souhaite implanter du riz la saison suivante, il est préférable de tuer le Cynodon et de cultiver la légumineuse sur une couverture morte, ce qui permettra un semis du riz précoce l'année suivante.



Niébé sur couverture vive de Cynodon

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés sur sols pauvres de *tanety*, souvent compactés

Année 0 // Année 1 // Année 2

		Production de riz une année sur deux	Production de grains ou tubercules chaque année	Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrage	Implantation de fourrages pérennes	Besoins en fertilisation en année 0	Besoins en insecticides en année 0	Besoin en herbicides en année 0	Besoins en herbicides pour la remise en culture (an 1 ou +)	Rentabilité économique dès l'année 0	Production de biomasse en année 0	Restructuration du sol Décompaction	Enrichissement du sol (N, P, Bases, ...)	Contrôle des adventices les saisons suivantes	Réduction des intrants les saisons suivantes	Réduction du temps de travail les saisons suivantes	Possibilités d'utilisation en fourrages	Tolérance à la divagation des animaux
A 0.	Riz sur écobuage// Cf situation SMRT NC	X	X			■■	■	■				●	●●				–	–
A 1.	Manioc+Stylo//Manioc+Stylo.//Riz(+Stylo.) Pois de terre + Stylo//Stylo.//Riz(+Stylo.) Arachide + Stylo//Stylo.//Riz(+Stylo.)		X							●	●	●	●●	●●	●●	●	●●	●
A 2.	Manioc+B. ruzi//Manioc+B. ruzi//Riz(+stylo) Pois de terre+B. ruzi//B. ruzi//RDolique// Riz PArachide +B. ruzi//B. ruzi//RDolique// Riz		X					■			●	●●	●	●		●	●●	●
A 3a.	Pois de terre + Cajanus // Riz // Cf situation SMRT NC	X	X							●	●	●	●			●	●	
A 3b.	Arachide + Cajanus // Riz // Cf situation SMRT NC	X	X							●	●	●	●			●	●	
A 3c.	Pois de terre + Crotalaire // Riz // Cf situation SMRT NC	X	X							●	●	●	●			●		●●
A 3d.	Arachide + Crotalaire // Riz // Cf situation SMRT NC	X	X							●	●	●	●			●		●●
A 4.	Manioc + Brachiaria humidicola ou brizantha // Manioc + brachiaria// Brachiaria			X	X				■■	●	●●	●●	●	●		●	●●	●
A 5.	Riz sur Cynodon// Cf situation SMRT NC	X	X			■■	■	■				●				●		
A 6.	Légumineuse à graine sur Cynodon mort// Cf situation SMRT NC		X				■	■		●	●	●	●	●	●	●		
A 7.	Légumineuse à graine sur Cynodon vif// Légumineuse à graine sur Cynodon vif		X				■	■■	■■	●●	●	●	●	●●	●	●●		

Recommandé Possible

■■ Indispensable
■ Recommandé

●● Très fort ● Fort Vide: Moyen – Faible

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Sols moyennement riches de *tanety,* non compactés (SMRT NC)

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

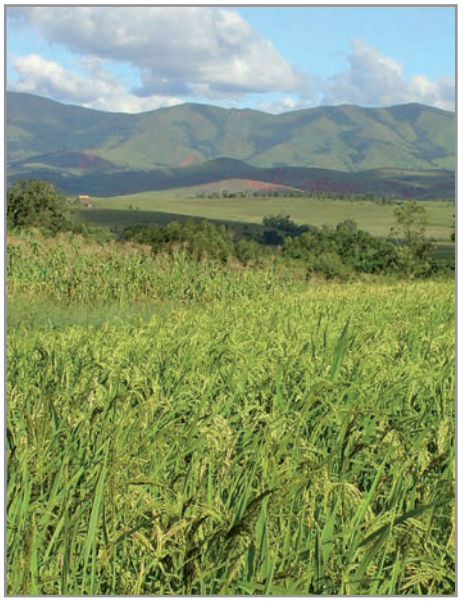
Sols moyennement riches de *tanety,* non compactés (SMRT NC)

Sur sols moyennement riches de *tanety*, non compactés, des plantes assez exigeantes sont en général cultivées (riz pluvial, maïs), souvent sans engrais et avec des rendements relativement faibles. Le choix des systèmes à proposer pour cette unité de paysage est très large. Cette unité agronomique est celle pour laquelle les pratiques SCV offrent l'intérêt le plus marqué et sur laquelle la transition vers ces pratiques est la plus facile. Les cultures traditionnelles peuvent être proposées aux agriculteurs pour une conduite en SCV. Elles seront si possible fertilisées et dans tous les cas, on les associera à des plantes peu exigeantes pour augmenter la production de biomasse et préparer le lit du semis direct pour la saison suivante. En fonction des priorités et des moyens des agriculteurs, on pourra proposer:

* des systèmes permettant la production de riz, soit une année sur deux en alternance avec une plante améliorante, soit après 2 ans d'amélioration des sols

* des systèmes permettant la production de grains (autres que le riz) ou de tubercules chaque année

* des systèmes permettant l'implantation de fourrages pérennes, pour l'alimentation des animaux.



Riz pluvial sur sol moyennement riche de tanety. Moyen-Ouest

Sur tanety, ce type de climat ne permet pas la production la même année que le riz d'une plante de couverture qui casserait la monoculture. La production de riz chaque année sur une même parcelle n'est pas possible car elle conduit a une dégradation rapide du sol et la chute des rendements .

La fertilisation minérale est fortement recommandée pour les céréales si la parcelle n'a pas été écobuée (rendements potentiels élevés sur ces sols qui rentabilisent bien les intrants). Si les combustibles (paille d'*Aristida*, balles de riz, branches d'arbres et d'arbustes) sont disponibles en quantité suffisante, l'écobuage y est très fortement recommandé (effet très important sur les rendements sans apport d'engrais minéral durant plus de 4 ans) pour les céréales associées aux légumineuses (maïs + niébé par exemple).

Dans l'attente de méthodes de contrôle biologique, le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (2,5 à 5 g d'Insector ou de Gaucho 45 WS / kg de semences) contre les vers blancs et les *Heteronychus sp.* est nécessaire pour le riz et doit être raisonné en fonction de la pression des insectes pour le maïs (qui est réduite pour les semis précoces).



Sols moyennement riches de tanety Lac Alaotra

Le choix des systèmes se fait sur la base des besoins de l'exploitant de cultiver du riz sur la parcelle en question.

Les systèmes permettant la production de riz (généralement la priorité des paysans) sont présentés dans le premier tableau, en fonction des besoins en intrants et de l'utilisation éventuelle de fourrages.

Le deuxième tableau présente les systèmes possibles sans production de riz.

En plus de ces systèmes, il est possible de proposer les systèmes proposés pour les Sols Pauvres de Tanety (SPT C), et en particulier ceux à base de stylosanthes, de cajanus ou de crotalaire. Ces systèmes seront dans ces conditions plus productifs, mais ils concernent souvent des cultures qui ont moins les faveurs des paysans.

Systèmes permettant la production de riz

Production de riz...		Intrants	Animaux	Systèmes/rotations à proposer Année 0 // Année 1 // Année 2		Remarques
... tous les ans		Diviser la parcelle et faire une forte production de riz un an sur deux, sur la moitié de la surface, en alternance avec une plante améliorante				
... un an sur deux	Produire des grains ou des tubercules chaque année	**Engrais recommandés Sans herbicide Traitement de semences nécessaire**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	B 1a.	Maïs + Légumineuse alimentaire // Riz (+ Cajanus) en rotation	Ecobuage intéressant si réalisable. Alterner les légumineuses.
		Engrais recommandés Herbicide an 1 et Traitement de semences nécessaires		B 1b.	Riz // Maïs + Légumineuse alimentaire en rotation	Azote nécessaire pour le maïs en Année 1 de semis direct sur paillage de riz pur
				B 1c.	Riz + Cajanus // Maïs + Légumineuse alimentaire en rotation	Commencer de préférence par du maïs + Lég. alim.
		Engrais recommandés Sans herbicide Traitement de semences nécessaire		B 2a.	Maïs + Eleusine (+ Cajanus) // Riz (+ Cajanus) en rotation	Ecobuage intéressant si réalisable
			Biomasse non appétée, maintenue même en cas de divagation	B 2b.	Maïs + Eleusine (+ Crotalaire) // Riz (+ Crotalaire) en rotation	Ecobuage intéressant si réalisable
		Engrais recommandés Herbicide an1 et Traitement de semences nécessaires		B 2c.	Maïs + Crotalaire // Riz (+ Crotalaire) en rotation	Commencer de préférence par du maïs + Lég. alim.
				B 1d.	Riz + Crotalaire // Maïs + Légumineuse alimentaire en rotation	Crotalaire pas appétée par les animaux
			Eviter l'exportation	B.3a.	Riz + Stylosanthes // Maïs + Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	Demande une gestion fine
... après deux ans d'amélioration du sol	Alterner culture / plante de couverture-fourrage	**Engrais recommandés Sans herbicide Traitement de semences nécessaire**	Possibilité d'utilisation en fourrage	B 3b.	Riz + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	Amélioration rapide du sol Réduction des intrants et du travail en année 2 de semis direct Possibilité de cultiver du maïs en année 2 Possibilité de laisser en production de fourrage
				B 3c.	Maïs + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	
				B 3d.	Maïs + Haricot (ou Soja) + Stylosanthes // Stylo. // Riz + Stylos	
		Sans engrais Sans herbicide Sans traitement de semences		B 3e.	Manioc + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	
				B 3f.	Pois de terre + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	
				B 3g.	Arachide + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes	
	Produire des grains chaque année	**Engrais recommandés Sans herbicide Traitement de semences nécessaire**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	B 1e.	Maïs + Légumineuse alim. // Maïs + Légum. alim. // Riz (+ Caj.)	Ecobuage intéressant si réalisable Forte production de biomasse pour préparer le semis direct du riz en An 2

Systèmes sans production de riz

Objectifs		Intrants	Animaux	Systèmes/rotations à proposer Année 0 // Année 1 // Année 2		Remarques
Produire des grains chaque année		**Engrais recommandés** **Sans herbicide** **Traitement de semences nécessaire**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	B 1f.	Maïs + Légumineuse alim. // Maïs + Lég. alim. // Maïs + Lég. alim.	Alterner la légumineuse Possibilité de faire du riz à partir de l'année 1 si besoin
Implanter des fourrages ...	... dans une culture pour payer l'implantation	**Sans engrais** **Sans herbicide** **Sans traitement de semences**	Production de fourrages	B 3h.	Manioc, pois de terre ou arachide + stylosanthes//Stylo//stylo	Possibilité de remise en culture (avec utilisation d'herbicide) à partir de l'année 2, de préférence avec une légumineuse alimentaire Fertilisation recommandée en cas d'exportation importante de fourrages L'ajout de stylosanthes dans le brachiaria permet d'enrichir le fourrage et le sol
				B 4a.	Manioc + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylo.) // Brachiaria (+ Stylo.)	
				B 4b.	Pois de terre + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylo.) // Brach. (+ Stylo.)	
				B 4c.	Arachide + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylo.) // Brach. (+ Stylo.)	
		Engrais nécessaires (année 0) **Sans herbicide** **Traitement de semences nécessaire**		B 3i.	Maïs + stylosanthes // Stylosanthes // Stylosanthes	
				B 4d.	Maïs + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brach. (+ Stylo.)	
	... en pur	**Sans engrais** **Sans herbicide** **Sans traitement de semences**		B 4e.	Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylo.)	
				B 3j.	Stylosanthes // Stylosanthes // Stylosanthes	

Intrants nécessaires
Intrants recommandés
Sans intrants

Système recommandé

Système possible

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Production de graines chaque année, de riz une année sur deux

B 1: Maïs+Légumineuse alimentaire volubile//Riz (+Cajanus ou Crotalaire) en rotation biennale



Les avantages de ce système de cultures



La rotation **B 1a : Maïs + légumineuse alimentaire volubile (dolique, niébé ou *Vigna umbellata*) // Riz pluvial (si possible associé à du *Cajanus cajan* de cycle court ou de la crotalaire)** permet de produire chaque année des grains comestibles, dont du riz une année sur deux.

La rentabilité économique est en général importante dès l'année "zéro" de préparation du semis direct.

Ce système ne nécessite pas d'herbicide en année "zéro" et produit en général suffisamment de biomasse pour que les cultures suivantes puissent être conduites sans herbicide.

Commencer la première année par du Maïs + légumineuse alimentaire volubile permet d'assurer une biomasse suffisante et une bonne structure du sol pour le riz pluvial de l'année suivante qui bénéficiera également de l'azote fixé par la légumineuse.



Maïs + Dolique

Les exigences et contraintes

Bien que ces systèmes soient possibles sans engrais (avec un simple apport de fumier) sur ces sols, un apport de fertilisation minérale (ou un écobuage) est fortement recommandé (tout spécialement l'azote et le phosphore), en particulier durant les premières années afin de produire une biomasse suffisante pour assurer les multiples fonctions agronomiques bénéfiques du semis direct.

En fonction de la pression des insectes terricoles, qui est souvent importante, il pourra être nécessaire de traiter les semences de maïs. Le traitement de semences du riz l'année suivante est en général nécessaire.

Pour la dolique, le niébé et le *Vigna umbellata*, les traitements insecticides seront nécessaires pour l'obtention de grains (indispensable pour la dolique et le niébé, très fréquemment nécessaire pour le *Vigna umbellata*).



Vigna umbellata après récolte du maïs

Les risques d'échecs

Ce système, sur ce type de sol, et conduit comme préconisé (date de semis précoce, etc.) présente des risques d'échecs limités. Le principal risque agronomique (outre le vol sur pied) serait un passage de cyclone à une période très défavorable (floraison). L'investissement en intrants est en général bien rentabilisé.

Les alternatives en cas de difficultés

En cas de production de biomasse insuffisante durant l'année "zéro" de préparation du semis direct (retard au semis, engrais non apportés ou insuffisants, fertilité du sol plus basse que prévu, accident climatique, attaques d'insectes non contrôlées, divagation d'animaux, etc.), il est préférable de reconduire l'association **Maïs + légumineuse alimentaire volubile** (dolique, niébé ou *Vigna umbellata*)

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

l'année suivante, en semis direct dans les résidus. Cette association présente les avantages de produire une biomasse plus importante que le riz (même associé à du Cajanus ou de la Crotalaire), d'être moins sensible à l'état de structure du sol et d'être moins sensible aux adventices et plus facile à désherber.

Les variantes possibles et leurs intérêts et contraintes

Le choix de la légumineuse

Le choix de la légumineuse associée au maïs peut se faire sur des critères économiques (prix de vente respectifs), sachant cependant que la dolique présente la meilleure résistance aux conditions très sèches avec un système racinaire capable de descendre très profondément, alors que le niébé présente la meilleure tolérance aux conditions de forte humidité mais peut souffrir d'attaques de champignons au lac Alaotra et est plus sensible aux ravageurs. Au lac Alaotra, le *Vigna umbellata* permet souvent un fort revenu économique mais nécessite des temps de travaux élevés pour la récolte, ne pousse pas sur sols battants non paillés et a besoin de plus de lumière que les autres (nécessité de cultiver le maïs en doubles rangs). Par contre, il produit très peu de graines dans le Moyen-Ouest.



Maïs + Niébé

Si on ne désire pas obtenir de récolte de graines de légumineuses mais uniquement produire de la biomasse, associer de préférence le maïs à la dolique ou la mucuna, moins sensible que les autres aux attaques foliaires d'insectes.

Une variante de ce système, très intéressante, a été développée par les paysans du lac Alaotra qui associent le maïs à un **mélange de dolique et de niébé**, ce qui permet de bénéficier des avantages des deux légumineuses.

Commencer en année "zéro" par du riz (B 1b)

Sur sol non compacté, il est possible de débuter la rotation par le Riz pluvial (système **B 1b. Riz pluvial // Maïs + légumineuse alimentaire volubile**).

Outre l'intérêt pour le paysan de produire la culture qui l'intéresse le plus, débuter par du riz peut être intéressant sur des sols riches en aluminium (que le riz supporte mieux que le maïs), surtout en cas de fertilisation faible ou en l'absence de fertilisation.



Riz pluvial sur résidus de maïs+dolique

Cette pratique comporte cependant des inconvénients:

* En année "zéro", sur labour, les mauvaises herbes doivent être contrôlées par des sarclages qui peuvent être importants pour une culture de riz, en particulier si on a apporté de la fertilisation. Dans ce cas, dans la mesure du possible, il est recommandé d'utiliser un herbicide pour garantir une bonne productivité et rentabiliser ainsi l'engrais apporté.



* La production de biomasse est en général insuffisante pour obtenir un paillage assez important pour contrôler correctement les adventices l'année suivante. L'utilisation d'herbicide sera alors nécessaire (bien qu'à faible dose, appliquée avant le semis).



* L'amélioration du sol est lente, du fait du peu de biomasse produite, de la faiblesse du système racinaire du riz et de l'absence de plantes améliorantes.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Associer le riz à du Cajanus cajan (B 1c)

L'installation de *Cajanus cajan* (**B 1c: Riz + *Cajanus cajan* // Maïs + légumineuse alimentaire volubile)** en dérobé dans le riz pluvial permet de pallier à cet inconvénient, mais dans une moindre mesure que dans une association maïs + légumineuse. De plus, elle suppose un semis précoce du riz afin de laisser le temps à la légumineuse (semée en décalé, quelques semaines après le riz) de s'implanter avant la fin des pluies, sans pour autant courir le risque d'une compétition entre les deux plantes.



Riz en doubles rangs associé au Cajanus cajan

Associer le riz à de la crotalaire (B 1d)

Dans le cas où le risque de pâturage des résidus de récolte est important, le Cajanus associé au riz peut être remplacé par de la crotalaire (**B 1d. Riz + crotalaire // Maïs + légumineuse alimentaire volubile**), peu appétée par les animaux et donc dont la biomasse ne sera pas exportée, mais qui a l'inconvénient de ne pas produire de grains consommables ou commercialisables. Elle a en contrepartie l'avantage de ne pas nécessiter de traitement insecticide. La biomasse produite par la crotalaire est également plus faible et l'utilisation d'herbicides est souvent nécessaire pour la remise en culture après ce système.



L'installation de *Cajanus cajan* (**B 1c: Riz + *Cajanus cajan*// Maïs + légumineuse alimentaire volubile)** ou de crotalaire (**B 1d: Riz + crotalaire// Maïs + légumineuse alimentaire volubile)** en dérobé dans le riz permet d'augmenter la biomasse produite avec le riz, mais dans une moindre mesure que dans une association maïs + légumineuse. De plus, elle suppose un semis précoce du riz afin de laisser le temps à la légumineuse (semée en décalé, quelques semaines après le riz) de s'implanter avant la fin des pluies, sans pour autant courir le risque d'une compétition entre les deux plantes.

Là encore, l'utilisation de crotalaire, qui n'est pas appétée par les animaux, permet en particulier de se préserver des risques de divagation, avec les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.



Production de biomasse par la crotalaire après récolte du riz



Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

B 2: Maïs+Eleusine+Cajanus (ou Crotalaire)//Riz+Cajanus (ou Crotalaire) en rotation biennale



Maïs + Eleusine + Cajanus cajan

B 2a. Maïs + *Eleusine coracana* + *Cajanus cajan* cycle court // Riz + Cajanus . Ce système présente l'avantage de restructurer rapidement les sols et de produire une forte biomasse, sans pour autant nécessiter d'herbicide pour la remise en culture l'année suivante. Il faut éviter de laisser grainer l'eleusine (fauche ou pâture avant la floraison si on souhaite qu'elle continue à produire de la biomasse, après la floraison si on souhaite la contrôler pour installer une culture). L'utilisation d'engrais sur le maïs est nécessaire en année «zéro» pour limiter la compétition de l'eleusine avec la culture principale. L'apport d'azote en deuxième année est nécessaire pour une culture de céréale comme le riz, mais à une dose plus faible que sur un paillage de Brachiaria pur.



Il est à noter que l'eleusine peut se comporter différemment d'un sol à un autre et qu'un test préalable est nécessaire sur les sols à fertilité moyenne.



L'eleusine et le cajanus étant très appréciés des animaux, il faut éviter de les laisser divaguer pour éviter une exportation importante et maintenir une biomasse suffisante au sol, nécessaire au bon fonctionnement des systèmes SCV.

Pour une gestion plus facile du riz en l'année suivante, si le mode de mise en place le permet, il est préférable de mélanger eleusine et cajanus sur les lignes plutôt que d'alterner des lignes des deux plantes de couverture.

B 2b. Maïs + *Eleusine coracana* + Crotalaire// Riz + Crotalaire est un système aux caractéristiques très proches du système précédent, mais mieux adapté dans le cas où la divagation d'animaux ne peut pas être empêchée. Il permet de limiter la biomasse exportée, les animaux ne prélevant pas la crotalaire.





Maïs + crotalaire

Si la pression des animaux est très forte et que le risque de divagation non contrôlée est important, il est préférable de ne pas associer le maïs à l'eleusine et de n'installer en association avec le maïs que de la crotalaire (système **B 2c. Maïs + Crotalaire // Riz + Crotalaire)**. La restitution de biomasse au sol sera plus importante du fait que la crotalaire, non appétée, ne sera pas consommée par les animaux. Il ne sera pas nécessaire non plus de prévoir une protection de la parcelle, même dans un environnement avec une forte pression sur la biomasse (demande en fourrage élevée).

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Alternance culture et plante de couverture pérenne

B 3: Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Maïs + stylosanthes



Les avantages de ce système de cultures

Les systèmes **B 3** à base de *Stylosanthes guianensis* présentent de nombreux avantages : facilité d'implantation (en particulier avec le maïs) et pérennisation aisée (plante vivace et ressemis naturel), possibilité de remise en culture sans herbicide par fauche au ras du sol en saison sèche, apport d'azote au sol par fixation symbiotique et recyclage de potasse ce qui réduit les doses d'engrais à apporter sur la culture suivante, possibilité d'exportation partielle en deuxième année pour la nourriture des animaux (excellente qualité fourragère), etc. Ces systèmes sont également très flexibles : passage facile d'un système à un autre en fonction de la situation, possibilité de laisser en jachère une ou plusieurs années si la mise en culture une année n'est pas possible, etc. Leur mise en oeuvre peut être très simple pour les systèmes les moins intensifs, ou plus complexe pour une intensité de culture augmentée, avec des performances améliorées. Enfin, la culture de riz sur un paillage de stylosanthes est en général très saine, avec peu de maladies.

Les exigences et contraintes

Le stylosanthes ne produit en général pas suffisamment de biomasse en année «zéro» pour être utilisé dès l'année suivante pour y cultiver du riz. Il est donc recommandé de le laisser en pur une année (dans le cas où l'espace disponible est suffisant pour alterner une année de culture et une année de production de biomasse) ou de l'associer au maïs qui sera semé directement dans les interlignes du stylosanthes encore peu développé (contrôler le stylosanthes en le fauchant à 25-30 cm du sol en cas de compétition avec le maïs). En année 2, on pourra cultiver au choix du riz ou du maïs après contrôle par simple fauche au ras du sol en saison sèche du stylosanthes, avec un minimum d'intrants. Si nécessaire, le stylosanthes peut être maintenu en tant que pâturage pendant plusieurs années avant remise en culture.

Les variantes possibles et leurs intérêts et contraintes

L'installation du stylosanthes dans du riz en année «zéro»

L'installation du stylosanthes est une étape clef pour le bon fonctionnement de ces systèmes.



Riz pluvial sur stylosanthes

L'installation du stylosanthes dans la culture de riz en année «zéro» est possible, mais la production de stylosanthes est alors faible et en général n'est pas suffisante pour une remise en culture dans un paillage suffisant l'année suivante. En conséquence, le système **B 3a. Riz + stylosanthes//Maïs + stylosanthes//Riz + stylosanthes**, qui demande une gestion fine, un certain savoir-faire et une bonne réactivité face aux impondérables, n'est recommandé que pour les paysans expérimentés, et quand l'espace disponible ne permet pas de laisser la plante de couverture s'installer pendant une année sans culture.

Le système **B 3b. Riz + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes** lui est préférable car il permet une meilleure installation du stylosanthes, une restauration rapide de la fertilité du sol, un très bon contrôle des adventices tout en étant très simple de gestion.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

L'installation du stylosanthes dans une autre culture que le riz en année «zéro»

L'installation du stylosanthes dans une autre culture que le riz est cependant préférable car elle permet une installation plus rapide et une production de stylosanthes plus importante dès l'année «zéro», tout en étant plus facile à gérer.

On peut ainsi recommander en priorité l'installation de stylosanthes dans le maïs, associé ou non à du haricot ou du soja (systèmes **B 3c. Maïs + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes** ou **B 3d. Maïs + haricot ou soja + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes**). L'apport d'engrais est recommandé pour la culture de maïs dans ces conditions, ce qui favorisera aussi l'implantation du stylosanthes.

Pour une installation du stylosanthes sans utilisation d'engrais en année «zéro», il est préférable de l'associer à une culture peu exigeante comme :

* le manioc (système **B 3e**. **Manioc + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes**),
* le pois de terre (système **B 3f**. **Manioc + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes**) ou
* l' arachide (système **B 3g**. **Manioc + stylosanthes // Stylosanthes // Riz + stylosanthes**).

Les risques d'échecs

Ces systèmes, sur ce type de sol, et conduits comme préconisé (date de semis précoce, production de biomasse suffisante par le stylosanthes avant culture de riz, etc.) présentent des risques d'échecs limités. Le principal risque agronomique (outre le vol sur pied) serait un passage de cyclone à une période très défavorable (floraison) ou la grêle à un moment critique dans le moyen-ouest. L'investissement en intrants est, sauf accident, bien rentabilisé.



Manioc + stylosanthes

Les alternatives

Si l'installation du stylosanthes a permis une production de biomasse suffisante dès l'année «zéro» de préparation des SCV (sols riches, installation précoce, etc.), il est possible de cultiver en SCV, dès la première année, une culture (riz ou maïs), implantée dans un mulch de stylosanthes.

Si la biomasse produite par le stylosanthes en première année est très importante, il est recommandé de la contrôler assez tôt, et de la faire pâturer par les animaux afin de faciliter le semis. En effet, le semis peut être rendu difficile dans un paillage trop épais, ce qui engendre des temps de travaux importants et un risque de levée irrégulière.

A l'inverse, si après un an de stylosanthes la production reste limitée, et que la couverture du sol est insuffisante (sols très dégradés, implantation trop tardive, divagation d'animaux, etc.), il est préférable de laisser une année supplémentaire de restauration par le stylosanthes. Si cela n'est pas possible, il est recommandé de ne pas cultiver de riz dans ces conditions et d'installer du maïs, plante plus facile à gérer dans ces conditions. La culture de riz sur une couverture insuffisante entraîne des problèmes très délicats de gestion des adventices et des risques de compétitions forts avec la plante de couverture.

Enfin, une autre alternative est d'installer du stylosanthes qui sera utilisé comme pâturage pérenne pour l'alimentation des animaux. L'installation peut se faire dans une culture peu exigeante, sans engrais (système **B 3h**. **Manioc, pois de terre ou arachide + stylosanthes // stylosanthes//stylosanthes**), dans une culture exigeante, avec apport d'engrais (système **B 3i: Maïs + stylosanthes//stylosanthes//stylosanthes**) ou éventuellement en culture pure (système **B 3j: Stylosanthes//stylosanthes//stylosanthes**) avec cependant des coûts d'implantation élevés pour ce dernier système. Après quelques années de pâturage, la parcelle pourra être remise en culture dans d'excellentes conditions : enrichissement en azote et en matière organique, bonne structure du sol, contrôle des adventices, faible pression parasitaire.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Production de graines chaque année

B 1e: Maïs + Légumineuse alimentaire volubile // Maïs + Lég. alim. // Riz (ou Maïs) + légumineuse



Une autre variante du système B 1est de reconduire l'association Maïs + légumineuse alimentaire volubile en année 1. Cette variante présente les avantages d'être très facile à mettre en oeuvre, peu risquée, et de permettre une forte production de biomasse deux années de suite avant la reprise en riz, qui se fera ainsi dans de meilleures conditions (fertilité, contrôle des adventices, etc.). En revanche, la production de riz ne se fera qu'en deuxième année, avec une production de riz un an sur trois seulement. L'apport d'engrais est recommandé pour permettre une bonne production, à la fois de maïs et de biomasse pour préparer le semis direct l'année suivante. Il est aussi recommandé d'alterner la légumineuse d'une année sur l'autre pour éviter la transmission de maladies.

Avec une bonne production de biomasse, ce système peut se conduire sans herbicide. Le traitement des semences est cependant recommandé pour la culture de riz, et à gérer en fonction de la pression des insectes pour le maïs.



Maïs + Dolique
Lac Alaotra

B 1f: Maïs + Légumineuse alimentaire volubile // Maïs + Légumineuse alim. // Maïs + Lég. alim.



Une dernière variante du système B 1 à base de Maïs associé à une légumineuse alimentaire volubile (Dolique, Niébé ou *Vigna umbellata*) est de reconduire l'association Maïs + légumineuse alimentaire volubile d'une année sur l'autre. Ce système ne permet pas la production de riz. Il est toutefois possible de revenir sur le système B 1e. si l'on souhaite en produire. L'avantage de ce système très facile à mettre en oeuvre est d'assurer une forte production de biomasse chaque année, permettant ainsi une restauration rapide du sol et un bon contrôle des adventices. L'apport d'engrais reste recommandé pour permettre une bonne production, à la fois de maïs et de biomasse pour préparer le semis direct l'année suivante. Il est aussi recommandé d'alterner la légumineuse d'une année sur l'autre pour éviter la transmission de maladies.



Maïs + Vigna umbellata
Moyen Ouest

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Installation de pâturage pérenne

B 4: Installation de pâturage pérenne de brachiaria (+ stylosanthes)



Pâture de brachiaria

Pour l'installation d'un pâturage pérenne, les brachiaria (*Brachiaria brizantha* ou *Brachiaria humidicola*) sont des fourrages très intéressants. Préférer *Brachiaria humidicola* à *Brachiaria brizantha* sur pentes fortes pour sa couverture rapide et totale du sol et donc un meilleur contrôle de l'érosion (mais dont la valeur fourragère est un peu inférieure à celle de *B. brizantha*). De plus, installer du stylosanthes dans le brachiaria permet d'enrichir le fourrage et d'apporter des protéines pour une meilleure valeur fourragère.

L'installation la plus simple et la plus rentable de brachiaria comme pâturage pérenne est de l'associer à une culture qui paie ainsi les frais d'installation du pâturage. Si on ne souhaite pas apporter d'engrais, il faut opter pour une culture peu exigeante, qui supportera la compétition du brachiaria. On peut donc préconiser les systèmes :

* **B 5a. Manioc + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylosanthes)**
* **B 5b. Pois de terre + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylosanthes)**
* **B 5c. Arachide + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylosanthes)**

Le système **B 5a. Maïs + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylosanthes)** est également très intéressant, mais un apport d'engrais est nécessaire pour limiter la compétition du brachiaria sur le maïs.

Le brachiaria étant très compétitif, surtout sur sol à fertilité moyenne, il est recommandé de décaler le semis du brachiaria au premier sarclage de la culture, soit 15-20 jours après le semis. Le travail de sarclage en année «zéro» peut ainsi être combiné au semis du brachiaria (recouvrement des graines).

Il est aussi possible d'implanter le brachiaria en culture pure (système **B 5a. Maïs + Brachiaria // Brachiaria (+ Stylosanthes) // Brachiaria (+ Stylosanthes)**, pour des systèmes d'élevage laitier, mais avec un coût d'implantation considérable.



Maïs + brachiaria

Après 4 à 5 années de production fourragère, la parcelle en brachiaria (+ stylosanthes) peut être :

* soit régénérée par une réinstallation de brachiaria dans une culture (qui paie la régénération)
* soit remise en culture dans un paillage dense, sur un sol très bien structuré par les racines puissantes du brachiaria.

La remise en culture sur brachiaria nécessite cependant l'utilisation d'herbicide pour le contrôle du brachiaria (glyphosate, 1800 g/ha).

De plus, la reprise du brachiaria en début de saison des pluies suppose qu'il soit reparti en végétation (indispensable pour l'efficacité du glyphosate) et donc un semis plus tardif : Tuer le brachiaria en février/mars (meilleure efficacité du glyphosate car le brachiaria va sécher après la floraison, et la saison sèche rendra plus difficile son redémarrage). Cela permettra aussi de limiter le blocage d'azote sur les céréales pour la saison des pluies suivante. Une autre alternative est de tuer le brachiaria au glyphosate dès que possible après le début des pluies pour remise en culture avec des légumineuses. Il faut éviter de laisser le brachiaria grainer l'année précédant la remise en culture.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés sur sols moyennement riches de *tanety,* non compactés

Année 0 // Année 1 // Année 2

	Production de riz une année sur deux	Production de grains ou tubercules chaque année	Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrage	Implantation de fourrages pérennes	Besoins en fertilisation en année 0	Besoins en insecticides en année 0	Besoin en herbicides en année 0	Besoins en herbicides pour la remise en culture (an 1 ou +)	Rentabilité économique pour l'année 0	Production de biomasse en année 0	Restructuration du sol Décompaction	Enrichissement du sol (N, P, Bases, ...)	Contrôle des adventices les saisons suivantes	Réduction des intrants les saisons suivantes	Réduction du temps de travail les saisons suivantes	Possibilités d'utilisation en fourrages	Tolérance à la divagation des animaux
B 1a. Maïs + Légumineuse alim.// Riz (+ Cajanus)	X	X			■	■		■	●	●	●	●	●		●		
B 1b. Riz // Maïs + Légumineuse alimentaire	X	X			■■	■■	■			●							
B 1c. Riz + Cajanus // Maïs + Légumineuse alim.	X	X			■■	■■	■			●		●					
B 1d. Riz + Crotalaire // Maïs + Légumineuse alim.	X	X			■■	■■	■			●		●					●●
B 1e. Maïs + Lég. alim.//Maïs + Lég. alim.// Riz		X			■	■			●	●	●	●	●		●		
B 1f. Maïs + Lég. alim.//Maïs + Lég. // Maïs + Lég.		X			■	■			●	●	●●	●●	●		●		
B 2a. Maïs + Eleusine (+ Cajanus) // Riz (+ Caj.)	X	X			■	■				●●	●●	●●	●		●		
B 2b. Maïs + Eleusine (+ Crotalaire) // Riz (+ Crot.)	X	X			■	■				●●	●●	●●	●		●		
B 2c. Maïs + Crotalaire // Riz (+ Crot.)	X	X			■	■		■		●	●	●					●●
B 3a. Riz + Stylosanthes//Maïs + Stylo// Riz + stylo.	X	X			■■	■■	■			●	●	●●	●	●	●	●	
B 3b. Riz + Stylosanthes// Stylosanthes// Riz+ stylo.	X		X		■■	■■	■			●	●	●●	●●	●	●	●	
B 3c. Maïs + Stylosanthes // Stylo.// Riz+ stylo.			X		■	■				●●	●●	●●	●●	●●	●	●	●
B 3d. Maïs+Haricot ou Soja+Stylo//Stylo.//Riz+ stylo.			X		■	■				●	●	●●	●●	●	●	●	●
B3efg Manioc, arachide ou Pois det. + Stylo//Stylo//Riz			X						●	●	●	●●	●●	●	●	●	●
B 3h. Manioc, arachide ou Pois det. + Stylo//Stylo//Stylo				X					●	●	●	●●	●●	●	●	●●	●
B 3i. Maïs + Stylosanthes // Stylo. // Stylo.				X	■	■				●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●
B 3j. Stylosanthes // Stylosanthes // Stylosanthes				X						●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●
B 4a. Manioc + Brachiaria//Brach. (+Stylo)//Brach.. (+S.)				X				■■	●	●●	●●	●	●			●●	●
B 4b,c Arachide ou Pois de terre+ Brach.//B. (+Stylo)//B.(+S.)				X				■■	●	●	●●	●	●			●●	●
B 4d. Maïs + Brachiaria // Brach. (+Stylo) // Brach. (+S.)				X	■■	■		■■		●●	●●	●	●			●●	●
B 4e. Brachiaria // Brach. (+Stylo) // Brach. (+Stylo)				X				■■		●●	●●	●	●			●●	●

Recommandé Possible

■■ Indispensable
■ Recommandé

●● Très fort ● Fort Vide: Moyen – Faible

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Sols Moyennement Riches de *Tanety* Compactés (SMRT C)

SMRT C Voir SPT C (page 18) et SMRT NC sauf riz en année «zéro» (page 28)

Les sols moyennement riches de *tanety* compactés sont très fréquents dans le Moyen-Ouest

Leur fertilité permet la culture de plantes exigeantes (riz, maïs), mais la compaction empêche la pénétration des racines en profondeur ce qui rend les cultures très sensibles aux aléas climatiques, et ce d'autant plus que le semis est tardif. Le riz en particulier, qui a un système racinaire relativement peu puissant est une culture risquée dans ces conditions, avant que la structure du sol ait été améliorée. Il est préférable de l'éviter en année «zéro». Si les paysans tiennent à débuter avec du riz, il est fondamental d'effectuer le semis le plus tôt possible.

L'objectif dans ces conditions est de restructurer rapidement les sols pour leur permettre d'exprimer leur potentiel. Pour cela, on peut proposer :

* **l'ensemble des systèmes recommandés sur les sols pauvres de tanety, compactés (SPT C, systèmes A)** avec des performances améliorées du fait d'une meilleure fertilité

* **les systèmes recommandés sur les sols moyennement riches de tanety non compactés (SMRT NC, systèmes B)** en évitant de débuter en année «zéro» par du riz, trop sensible aux aléas climatiques dans ces conditions. Il peut être très intéressant dans ces systèmes de remplacer le maïs par du sorgho si cette plante est consommée. Le sorgho supporte mieux la compaction et a un effet restructurant supérieur au maïs, qui est plus exigeant en eau et éléments nutritifs.

Tanety aménagées en terrasses (TA)

Les paysans malgaches aménagent parfois les *tanety* en terrasses pour y cultiver du riz, comme c'est souvent le cas dans le Moyen-Ouest.

Dans ces parcelles, la fertilité du sol est souvent bonne du fait de l'accumulation de fertilité et d'une dynamique de la matière organique modifiée par le maintien de l'eau autant que possible. Pour maintenir l'eau, les pratiques visent à créer une semelle de labour (zone compactée).

Dans ces conditions, la gestion de ces parcelles et les possibilités de systèmes SCV dépendent avant tout de leur alimentation en eau, en saison comme en contre-saison.

Suivant les situations, ces parcelles pourront être gérées comme des parcelles de *tanety*, ou au contraire, comme des rizières.

On distingue donc :



Tanety aménagées en rizière, sans irrigation

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



***Tanety* aménagées en terrasses**

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les Pseudo-Rizières non irriguées sur *Tanety* Aménagées sans possibilité de Contre-Saison

PR NI TA Sans CS = SMRT **(page 28)**

Dans ces «pseudo-rizières», la gestion de la culture de riz avec des pratiques de riziculture irriguée est très aléatoire et repose sur l'arrivée des pluies. Dans ces conditions, les temps de préparation de la rizière et de repiquage font que le semis est très souvent tardif, soumettant la culture à un risque élevé de stress hydrique en fin de cycle.

De telles pratiques présentent peu d'intérêt, surtout quand il n'est pas possible de pratiquer une culture de contre-saison. Il est préférable de changer le mode de conduite de ces parcelles.

Les pratiques SCV permettent de proposer pour ces pseudo-rizières sans contre-saison une gestion en culture pluviale, en cherchant à décompacter le sol pour infiltrer l'eau. On se retrouve alors dans la situation des sols moyennement riches de tanety (**SMRT**) et l'ensemble des systèmes présentés pour cette situation peut être proposé pour ces parcelles **PR NITA sans CS**. On commencera par des systèmes à fort pouvoir de décompaction afin de permettre rapidement une bonne infiltration de l'eau et une pénétration des racines en profondeur.

Les Pseudo-Rizières non irriguées sur *Tanety* Aménagées avec possibilité de Contre-Saison

PR NI TA avec CS = SEPBBB avec CS **(page 44)**

Lorsque ces pseudo-rizières permettent de mettre en place une contre saison **(PR NI TA avec CS)**, que ce soit une culture ou une plante de couverture (éventuellement installée en dérobé dans la culture), la gestion de ces parcelles en culture pluviale est encore plus intéressante. On se retrouve alors dans des parcelles qui peuvent être gérées comme les sols exondés dans la plaine, *baiboho* et bourrelets de ***berge*** (**SEPBBB**), avec une large gamme de possibilités.

Comme dans la situation précédente, les pratiques viseront à casser rapidement la semelle de labour afin de permettre l'infiltration de l'eau et la pénétration des racines.



Parcelles de Vesce en contre-saison
Photo: Ph. Grandjean

Les Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau sur *tanety* aménagées

RMME E **(page 56)**

Les **Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau sur *tanety* aménagées** se gèrent comme les **Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau Exondées** dans les plaines et vallées (**RMME E**)

Les Rizières Irriguées sur *tanety* aménagées

RI E **(page 59)**

Les **Rizières Irriguées sur *tanety* aménagées** se gèrent comme les **Rizières Irriguées Exondées** dans les plaines et vallées (**RI E**)

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Sols exondés dans la plaine, Baiboho et Bourrelets de Berge

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Sols Exondés dans la Plaine, *baiboho* et Bourrelets de Berge avec Contre-Saison

SEPBBB avec CS

Cette unité agronomique représente des surfaces très importantes au lac Alaotra où ces sols sont en grande majorité en culture.

Tous les systèmes proposés sur *tanety* (SPT C, SMRT C et SMRT NC) sont possibles dans ces milieux. Leur caractère exondé fait qu'il est possible d'y cultiver d'autres cultures que le riz en saison des pluies.

L'accès à la nappe d'eau qui reste en général peu profonde permet d'installer une culture ou une plante de couverture en contre-saison, en particulier des plantes au système racinaire puissant capable de s'"ancrer" dans la nappe phréatique et de suivre sa descente (comme la Dolique et dans une moindre mesure le *Vigna umbellata*). Les possibilités de systèmes SCV sont donc très importantes. Sur *baiboho* en particulier, les problèmes de battance sont marqués et le paillage en SCV joue un rôle très important dans l'amélioration des systèmes.



Cultures sur baiboho *au lac Alaotra*

De manière générale, la bonne fertilité de ces sols fait que les paysans y cultivent de préférence des cultures exigeantes : riz et maïs.

Les systèmes à proposer (cf tableau page ci-contre) sont donc axés sur ces deux cultures, et en premier lieu sur le riz.

Tous ces systèmes sont installés sur labour en première année. Il est possible de démarrer en contre-saison en semis direct après la culture de Riz ou de Maïs de premier cycle faite par les paysans si l'humidité résiduelle du sol est suffisante (éventuellement, implanter la contre-saison dans le Riz ou le Maïs avant sa récolte).

Si la biomasse est disponible, toutes les cultures profiteront d'un paillage en première année. Il permet d'éviter la battance des sols et réduit l'enherbement. Un apport d'azote est alors nécessaire pour les céréales sur un paillage de graminées.



En cas d'installation des cultures sur labour sans paillage, il est fortement recommandé d'utiliser un herbicide de pré levée (fort enherbement de début de cycle dans ces milieux qu'il sera difficile de contrôler par sarclages).

En cas de présence de *Cyperus rotundus*, il est fortement conseillé de l'éliminer avant semis des cultures avec 2160 g/ha de glyphosate (la meilleure époque pour l'appliquer étant en début de saison sèche).



Ces systèmes permettent normalement une production de biomasse suffisante pour les années suivantes. Les adventices peuvent alors être arrachées à la main si nécessaire. Un apport de paille supplémentaire (si disponible) ou l'utilisation d'herbicide est recommandé en cas de biomasse résiduelle insuffisante (en particulier en cas de forte exportation pour les animaux).



L'apport d'azote est très recommandé sur céréales dans ces milieux (forte augmentation de rendement). Il est souvent suffisant sur sols alluvionnaires, mais un complément de phosphore est utile sur la plupart des sols organiques. Sur les sols sablo-limoneux, et/ou sur les sols cultivés depuis longtemps, un apport de NPK est très rentable, d'autant plus que les risques climatiques sont faibles dans ces milieux. L'écobuage en revanche est déconseillé sur les *baiboho*.

Il est recommandé d'inclure régulièrement (au moins une année sur trois) des légumineuses dans les rotations.



Le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (voire même du sol au Carbofuran dans certaines situations de très forte pression des insectes, fréquente dans ces milieux) contre les vers blancs et les Heteronychus est nécessaire pour le Riz et doit être raisonné en fonction de la pression des insectes pour le Maïs (qui est réduite pour les semis précoces).

Systèmes à proposer sur Sols Exondés dans la Plaine, *Baiboho* et Bourrelets de Berge

Production de riz...		Intrants	Animaux	Systèmes/rotations à proposer Année 0 // Année 1 // Année 2		Remarques
... chaque année		**Engrais recommandés** **Herbicide nécessaire en année «zéro»** **Herbicide recommandé les années suivantes, en fonction de la production de la couverture** **Traitement de semences nécessaire pour le riz**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	C 1a.	Riz pluvial / Dolique // Système C1 à C4	Les systèmes C1 à C4 peuvent être alternés d'une année sur l'autre. Gestion de la fertilité par rotation de culture céréales/légumineuses *Vigna umbellata* intéressant pour les revenus additionnels, mais exigeant en travail et possible uniquement sur sols à bonne capillarité. Pas de variété de Niébé disponible qui soit performante en saison fraîche. Traitement de semence contre les insectes terricoles (vers blancs, Heteronychus, etc.) nécessaire pour le riz, et à raisonner en fonction de la pression des insectes pour le maïs.
				C 1b.	Riz pluvial / *Vigna umbellata* // Système C1 à C4	
				C 2a.	Riz pluvial / Vesce // Système C1 à C4	
				C 2b.	Riz pluvial / Vesce + Avoine // Système C1 à C4	
				C 2c.	Riz pluvial / Haricot + Vesce // Système C1 à C4	
				C 3.	Riz pluvial / Maraîchage // Système C1 à C4	
				C 4a.	Riz pluvial + Stylosanthes // Système C1 à C4	
... une année sur deux	Produire des grains chaque année			C 4b.	Riz pluvial + Stylosanthes // Maïs + Stylosanthes// Riz + Stylo.	
		Engrais recommandés **Possible sans herbicide** **Traitement de semences nécessaire pour le riz**	Eviter l'exportation (fourrage, divagation)	C 5a.	Maïs + Dolique // Riz pluvial (/ Légumineuse à graine)	Traitement de semence contre les insectes terricoles (vers blancs, Heteronychus, etc.) nécessaire pour le riz, et à raisonner en fonction de la pression des insectes pour le maïs. Alterner les légumineuses.
				C 5b.	Maïs + Niébé (Cycle long) // Riz pluvial (/ Lég.umineuse à graine)	
				C 5c.	Maïs + *Vigna umbellata* // Riz pluvial (/ Lég. à graine)	
Pas de riz		**Engrais et traitement de semences recommandés** **Herbicide indispensable**	Possibilité d'utilisation en fourrage	C 6a.	Maïs + Arachis // Riz sur Arachis vif // Maïs sur Arachis vif	Systèmes sur couverture vive, très performants. Le contrôle de l'Arachis demande de l'herbicide et une bonne maîtrise technique.
				C 6b.	Maïs + Arachis // Maïs sur Arachis vif // Maïs sur Arachis vif	

Recommandé Possible

SEPBBB avec CS

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Production de riz chaque année

Plusieurs systèmes de successions annuelles avec du riz pluvial, très faciles à conduire, sont possibles dans ces milieux, et peuvent être alternés d'une année à l'autre.

C 1: Riz pluvial (ou poly-aptitude)/ Légumineuse à graine (Dolique, *Vigna umbellata*)









C 1a. Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Dolique et **C 1b.Riz pluvial (ou poly-aptitude) / *Vigna umbellata***, sont deux systèmes à base de riz ayant des performances assez semblables. La fertilisation minérale ou organique n'est pas indispensable, mais un apport d'engrais minéral est recommandé car il permet une forte augmentation des rendements et leur maintien à des niveaux élevés (synonyme de forte exportation par les grains, qui doit être compensée). Un arrière effet très net de l'apport d'engrais est visible sur la légumineuse de contre-saison suivante. En ce qui concerne le choix de la légumineuse, il peut se faire sur des critères économiques (prix de vente respectifs), sachant cependant que la dolique présente la meilleure résistance aux conditions très sèches avec un système racinaire capable de descendre très profond. Le *Vigna umbellata* ne doit être cultivé que sur sols à bonne capillarité. Il est très sensible à la battance et ne doit être implanté que sur couverture végétale. Il permet souvent un fort revenu économique mais nécessite des temps de travaux élevés pour la récolte.



Dolique après riz pluvial, Lac Alaotra
Photo : Ph. Grandjean

Pour ces deux plantes, les traitements insecticides sont nécessaires pour l'obtention de grains (indispensable pour dolique, très fréquemment nécessaire pour le *Vigna umbellata*).

Il est à noter que les variétés de niébé actuellement disponibles à Madagascar ne produisent pas suffisamment dans le système Riz pluvial / Niébé sur ces sols. Seule la variété SPLF2 permet d'envisager un système Riz pluvial / niébé dans ce milieu, mais une association Niébé SPLF2 + dolique est préférable pour une bonne production de biomasse afin de contrôler les adventices la saison suivante.

C 2.: Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Vesce (+ avoine ou haricot)







La vesce velue (*Vicia villosa*) est une autre légumineuse très intéressante en succession du riz dans ces milieux. Elle peut être installée pure, on en association avec du haricot ou de l'avoine.

* Système **C 2a. Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Vesce.**

Ce système permet un bon contrôle des adventices et un enrichissement de la parcelle. Le riz bénéficie de la fixation d'azote de la vesce cultivée l'année précédente.

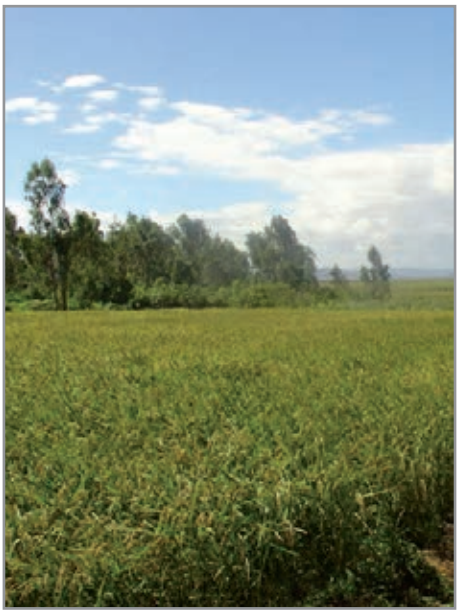
De plus, une partie de la vesce peut être utilisée pour l'alimentation des animaux en saison



Vesce après riz pluvial, Lac Alaotra
Photo : Ph. Grandjean

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

sèche. Il faut toutefois veiller à conserver un paillage de vesce suffisant pour le contrôle des adventices et pour cela arrêter l'exportation quelques semaines avant la remise en culture. Attention, le paillage de vesce se décompose rapidement dans ces milieux.



Riz après vesce
Lac Alaotra

* Système **C 2b**. **Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Avoine + Vesce**, système également intéressant pour sa production de fourrage en saison froide et son très bon contrôle des adventices (en particulier *Cyperus rotundus*), sans herbicide, en plus de la fixation d'azote qui permet de réduire la dose d'engrais à apporter pour cultiver ensuite des céréales. Il faut éviter de laisser grainer l'Avoine et la Vesce (fauche ou pâture avant la floraison si on souhaite qu'elles continuent à produire, après la floraison si on souhaite les contrôler pour installer une culture) pour ne pas qu'elles repartent dans la culture suivante. Utiliser pour cela des variétés d'Avoine et de Vesce qui fleurissent ensemble.

* Système **C 2c. Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Avoine + Vesce.** Ce système développé par les paysans du lac Alaotra présente les mêmes avantages que le système C 2a. Riz pluvial / Vesce et permet d'en accroître les performances économiques par une production de haricot qui se développe rapidement et peut être récolté avant que la vesce ne se soit développée fortement.

Une difficulté liée à la mise en place de ces systèmes C2 est la production de semences de vesce. En effet, dans les conditions du lac Alaotra, la vesce produit des graines en général au mois de décembre, quand la culture de riz de la saison suivante devrait être installée. La production de semences de vesce dans une parcelle de riz risque donc d'en retarder l'installation, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur la production de riz. En dehors des parcelles marginales, où la vesce en état de stress produit ses graines suffisament tôt, il est conseillé d'assurer cette production de semences dans une parcelle (ou une partie de parcelle) réservée à cet usage.



SEPBBB avec CS

C 3.: Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Maraîchage sur paillage



Haricot sur paille de riz

Les systèmes **C 3. Riz pluvial (ou poly-aptitude) / Maraîchage** sont également très intéressants dans ces milieux. La culture maraîchère profite largement du paillage de riz : réduction forte de l'évaporation et des besoins en irrigation, réduction des maladies, etc.

En retour, le riz pluvial bénéficie des quantités importantes d'engrais minéraux ou organiques traditionnellement apportés sur les cultures maraîchères, qui sont ainsi mieux valorisés.

L'utilisation d'herbicide pour la culture de riz après maraîchage est cependant très souvent nécessaire, la biomasse produite et laissée sur place par la culture maraîchère étant en général insuffisante pour contrôler les adventices très agressives dans ces milieux.

L'utilisation d'insecticide est également nécessaire pour les cultures maraîchères.

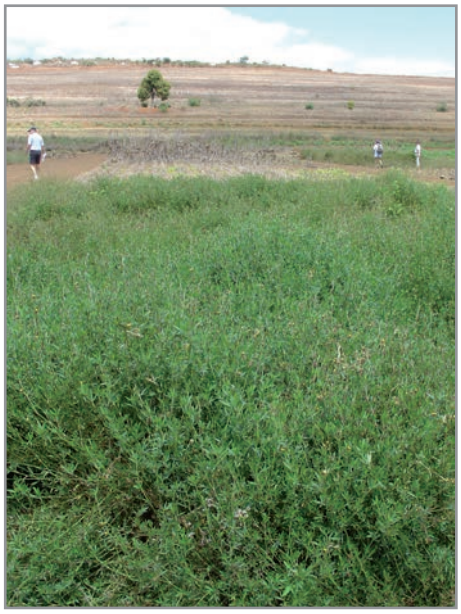


Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

C 4.: Riz pluvial (ou poly-aptitude) + Stylosanthes



Dans ces milieux riches et où la nappe phréatique est accessible à des racines se développant en profondeur, l'association **C 4 a. Riz pluvial +*Stylosanthes guianensis*// Riz pluvial +*Stylosanthes guianensis*** est là encore un système très intéressant. Ce système permet une production de riz à laquelle s'ajoute une forte production de biomasse de qualité par le stylosanthes (riche en azote). Le stylosanthes, comme sur les tanety, assure un très bon contrôle des adventices et contribue fortement à l'enrichissement du sol, qui profiteront au riz l'année suivante.



Stylosanthes après riz pluvial, Lac Alaotra

Production de riz un an sur deux, en alternance avec du maïs

Il est aussi très intéressant d'alterner la production de riz avec celle de maïs. Dans un système **C 4 b. Riz pluvial +*Stylosanthes guianensis*// Maïs +*Stylosanthes guianensis*** la production de stylosanthes est accrue, ce qui permet une amélioration plus rapide des sols et de la production, ainsi qu'un meilleur contrôle des adventices. Toutefois, il est parfois nécessaire de contrôler le stylosanthes très tôt dans la saison sèche pour éviter une trop forte production de biomasse, qui gène le semis de la culture suivante, et pour s'assurer d'un bon contrôle de la plante de couverture avant remise en culture.

C 5.: Maïs+Légumineuse alimentaire volubile//Riz (/Légumineuse à graine)



Comme sur les tanety (SMRT NC), une rotation biennale très intéressante est d'associer le maïs à une légumineuse à graine volubile en année «zéro» qui prépare la culture de riz pluvial en SCV l'année suivante.

On peut ainsi proposer les systèmes :

* **C 5a. : Maïs + dolique // Riz pluvial (/ dolique),**
* **C 5b. : Maïs + Niébé (cycle long) // Riz pluvial (/ dolique),**
* **C 5c. : Maïs + *Vigna umbellata* // Riz pluvial (/ dolique).**



Maïs + dolique

Le choix de la légumineuse à associer au maïs se fait sur les mêmes bases que sur les *tanety* (cf page 30). L'association **Maïs +dolique + niébé** est là encore très intéressante. Si on ne souhaite pas produire de graines comestibles de légumineuse, le maïs peut aussi être associé à la mucuna qui se développe très bien sur ces sols et produit une forte biomasse. Les intérêts de ces systèmes sont les mêmes que sur les *tanety* (SMRT NC) avec une production et des performances économiques supérieures du fait d'un milieu plus favorable.

La fertilité et la structure du sol sont améliorées, préparant ainsi une culture de riz pour l'année suivante. La fertilisation est cependant recommandée pour maintenir des niveaux de production (et donc des exportations) élevés

Le traitement de semences est nécessaire pour le riz et recommandé pour le maïs, en fonction de la pression parasitaire.L'application d'insecticide est recommandée, avec des modulations selon la légumineuse, comme pour les *tanety*.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

C 5.: Cultures sur couverture vive d'arachide pérenne



Un des systèmes les plus performants dans ces milieux, en particulier sur les *baiboho*, est d'installer une couverture d'arachide pérenne (*Arachis pintoï* ou *Arachis repens*) qui sera ensuite utilisée en couverture vive pour la culture de céréales.

L'implantation d'arachide pérenne se fait de préférence dans une culture de maïs qui permet à la fois un développement rapide de l'arachide pérenne et une gestion des adventices en année «zéro».



*Maïs sur couverture vive d'*Arachis repens

Ces systèmes sur couverture vive d'arachide pérenne permettent d'optimiser la production de biomasse tout au long de l'année ce qui est fondamental pour le bon fonctionnement du semis direct, et de fixer de l'azote en quantité.

La couverture vive d'arachide pérenne, une fois installée, assure un excellent contrôle des adventices, aspect crucial de la production dans ces milieux riches.

La restructuration du sol par les racines d'arachide pérenne est également excellente, et la fixation d'azote considérable. Il est cependant recommandé d'apporter une fertilisation permettant de compenser les exportations liées à une production importante.

Ces systèmes sont peu risqués et relativement simples à mettre en oeuvre. Ils ne nécessitent qu'une utilisation limitée d'herbicide (indispensable pour le contrôle de l'arachide pérenne avant mise en culture). Ils demandent cependant une bonne maîtrise de la pulvérisation de l'herbicide pour assurer un contrôle homogène de la couverture vive.

Ces systèmes s'intègrent bien avec la production animale: les arachides pérennes supportent très bien une pâture intensive, ce qui permet d'alimenter les animaux sur ces parcelles, en particulier en saison sèche.

On peut ainsi recommander en premier lieu le système **C 6a. Maïs + arachide pérenne // Riz pluvial (ou poly-aptitude) sur arachide pérenne vive // Maïs sur arachide pérenne vive** qui permet d'assurer une production de riz un an sur deux, en alternance avec une production de maïs très intéressante.

Pas de production de riz mais production chaque année de maïs à haut rendement

Du fait de la forte production de maïs dans ces systèmes, il peut être très intéressant de ne pas produire de riz dans ces conditions, mais d'assurer chaque année une production de maïs élevée, en association avec une production animale qui peut tirer de ces parcelles un fourrage de qualité.

Le système continu de production de maïs sur arachide pérenne maintenue vivante (**C 6b. Maïs + arachide pérenne // Maïs sur arachide pérenne**) est dans ces conditions un système très performant, d'autant plus que la gestion du maïs sur couverture vive est plus facile que celle du riz, plus sensible à la compétition avec cette plante de couverture vive.



*Maïs sur couverture vive d'*Arachis pintoï

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés sur Sols Exondés dans la Plaine, *Baiboho* et Bourrelets de Berge

Année 0 // Année 1 // Année 2

	Production de riz chaque année	Production de riz et d'une deuxième culture	Production de riz en alternance avec maïs	Installation d'une couverture vive	Besoins en fertilisation en année 0	Besoins en insecticides en année 0	Besoin en herbicides en année 0	Besoins en herbicides pour la remise en culture (an 1 ou +)	Rentabilité économique pour l'année 0	Production de biomasse en année 0	Restructuration du sol Décompaction	Enrichissement du sol (N, P, Bases, ...)	Contrôle des adventices les saisons suivantes	Réduction des intrants les saisons suivantes	Réduction du temps de travail les saisons suivantes	Possibilités d'utilisation en fourrages	Tolérance à la divagation des animaux
C 1a. Riz pluvial / Dolique// C1 à C4	X	X			■	■	■		●	●		●	●	●	●		
C 1b. Riz pluvial / *Vigna umbellata*// C1 à C4	X	X			■	■	■		●●			●		●	●		
C 2a. Riz pluvial / Vesce// C1 à C4	X				■	■	■		●	●		●	●	●●	●	●	
C 2b. Riz pluvial / Vesce + Avoine// C1 à C4	X				■	■	■		●	●			●●	●	●	●	
C 2c. Riz pluvial / Haricot + Vesce// C1 à C4	X	X			■	■	■		●	●		●	●	●●	●	●	
C 3. Riz pluvial / Maraîchage// C1 à C4	X	X			■	■	■	■	●●			●●			●●		
C 4a. Riz pluvial + Stylosanthes// C1 à C4	X				■	■	■		●	●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●
C 4b. Riz pluvial + Stylosanthes// Maïs + Stylo.			X		■	■	■		●	●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●
C 5a. Maïs + Dolique// Riz pluvial (/ Lég. à graine)			X		■				●	●●	●	●	●	●	●		
C 5b. Maïs + Niébé (Cycle long) // Riz pluvial (Lég.)			X		■	■			●●	●●	●	●		●			
C 5c. Maïs + *Vigna umbellata* // Riz pluvial (Lég.)			X		■	■			●●	●		●		●			
C 6a. Maïs+Arachis//Riz sur Arachis vif//Maïs sur Ara.			X	X	■			■■	●	●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●
C 6b. Maïs+Arachis//Maïs sur Arachis vif//Maïs sur A.				X	■			■■	●	●	●●	●●	●●	●	●●	●●	●●

Recommandé Possible

■■ Indispensable ■ Recommandé

●● Très fort ● Fort Vide: Moyen – Faible

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Sols Exondés dans la Plaine, *baiboho* et Bourrelets de Berge sans Contre-Saison

Certains sols exondés dans la plaine, *baiboho* ou bourrelets de berge (SEPBBB) peuvent être recouverts de dépôts très sableux en surface, ou présenter en profondeur des lentilles de sable. Ces couches sableuses ne permettent pas les phénomènes de capillarité et de ce fait, ne permettent pas de conduire une contre-saison. La présence de couches de sable épaisses peut même rendre difficile la culture de riz en saison. Il est important de repérer ces éventuelles couches de sable et en particulier les lentilles en profondeur car elles modifient fortement la performance des systèmes et en conséquence le choix des systèmes.

Sur ces Sols Exondés dans la Plaine, *Baiboho* ou Bourrelets de Berge sans possibilité de contre-saison (**SEPBBB sans CS**), seuls les systèmes permettant une forte production de biomasse pendant la saison de culture peuvent être proposés.

La dolique supporte en général mieux ces conditions que le niébé ou le *Vigna umbellata* et se développe plus longtemps dans la saison sèche, avec cependant des performances bien moindres que sur les sols à bonne capillarité.

On peut donc proposer un système **C 5d.Maïs + dolique // Maïs + dolique** qui permet d'assurer une bonne production de biomasse. Remplacer le maïs par du sorgho, beaucoup moins exigeant en eau que le maïs permet une production de biomasse supérieure, à moindre risque (mais sans production de riz ni de maïs).

L'installation de plantes de couverture pérennes présente l'avantage d'une production plus sûre, sans risque d'échec à l'installation. Cependant, dans les milieux très sableux, l'Arachide pérenne peut souffrir fortement en saison sèche. Il est préférable d'installer du Stylosanthes dont le système racinaire plus profond permet de mieux tolérer ces conditions difficiles.

Le stylosanthes peut être installé en association avec du maïs (ou de préférence du sorgho sur sols très sableux). Après quelques années de recharge en carbone du sol et d'amélioration de sa fertilité par le stylosanthes, il est possible d'insérer de nouveau du riz dans les systèmes: **C 4c. Maïs + stylosanthes // Maïs + stylosanthes // ....// Maïs + stylosanthes // Riz + stylosanthes**.

Le Stylosanthes peut aussi être installé dans du manioc (**C 7b. Manioc + *Stylosanthes guianensis// Manioc + stylo)***, ce qui permet d'assurer une production (tubercule) sur ces sols sableux sur lesquels il est difficile de faire une contre-saison et sur lesquels les paysans ne cultivent pas systématiquement du riz..

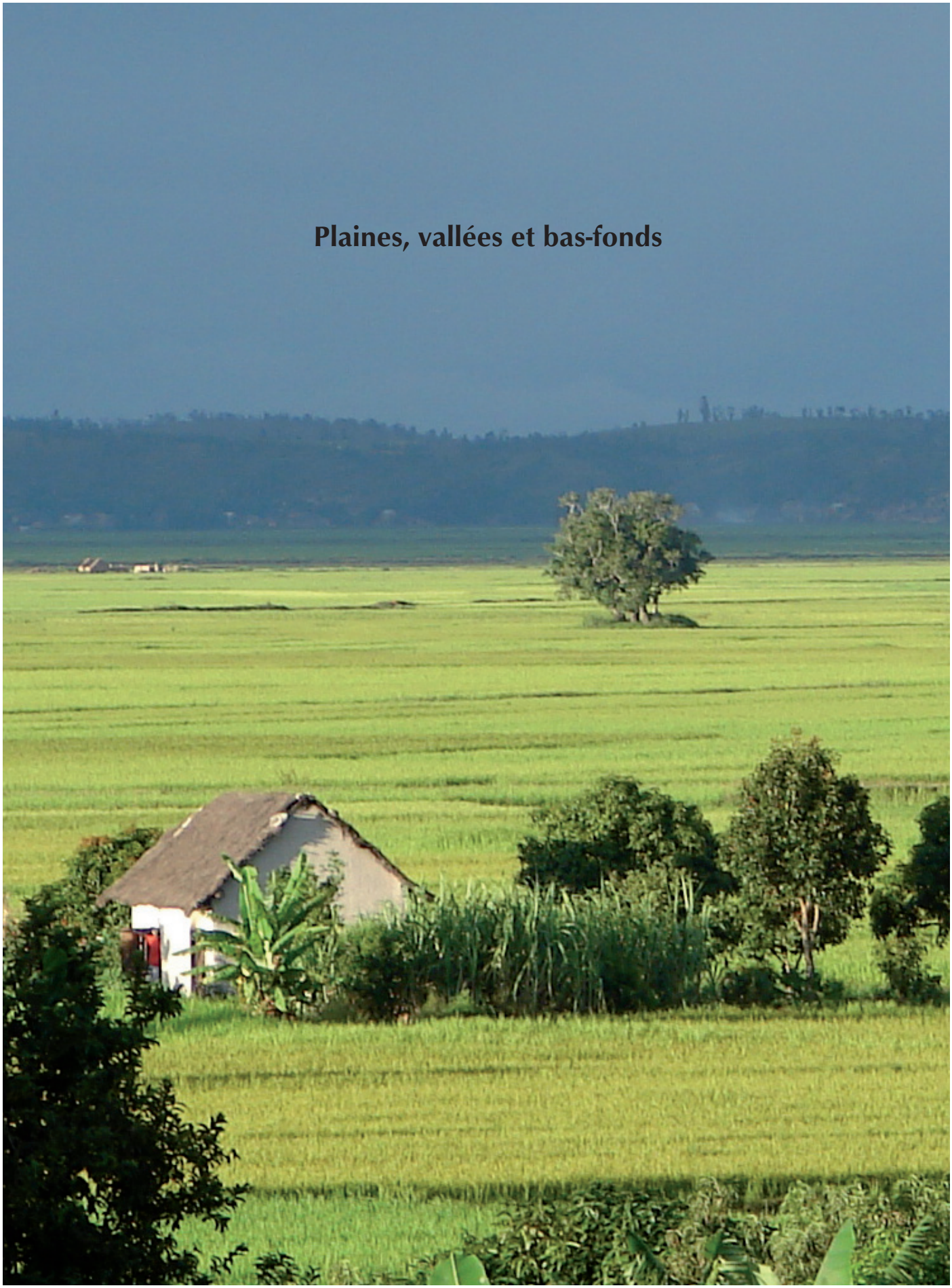


Manioc + Brachiaria

Enfin, le système **C 7b. Manioc + *Brachiaria ruziziensis// Manioc + brachiaria*** est un système intéressant. Le Brachiaria permet une recharge rapide du sol en carbone. Ce système peut être suivi d'un système avec stylosanthes pour enrichir le sol en azote après deux ans sans légumineuse. Le brachiaria peut aussi être repris avec de la dolique, du niébé de cycle long ou du *Vigna umbellata*, en saison ou en début de contre-saison (en fonction de la date de récolte du manioc). Le contrôle du brachiaria pour la remise en culture nécessite l'emploi d'herbicide (1080 g/ha de glyphosate). Il faut éviter de laisser grainer le brachiaria l'année précédant la remise en culture (fauche ou pâture avant la floraison, ce qui relance sa croissance).



Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Pseudo-Rizières Non Irriguées, Inondables

Dans les plaines, vallées et bas-fonds, il existe parfois des parcelles inondables qui ne permettent pas d'autre culture que le riz en saison. Ces parcelles sont conduites comme des rizières (diguettes pour maintenir l'eau, création d'une semelle de labour, etc.) alors qu'elles ne disposent d'aucun apport d'eau et sont donc entièrement dépendantes des pluies. Le semis ou plus souvent le repiquage y sont en général faits très tardivement, avec une perte de potentiel de rendement importante dès la mise en place. Cette situation peut être gérée comme celle des rizières à mauvaise maîtrise de l'eau inondables (RMME I).

PTR NI I
Cf.
RMME I

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Inondables

Les rizières inondées chaque année et difficilement drainables permettent souvent d'installer une plante de couverture en contre-saison. Toutefois, certaines parcelles ne permettent pas cette contre-saison.

RMME I
sans CS

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Inondables, sans possibilité de Contre Saison

Dans ces Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Inondables mais ne permettant pas une contre-saison (RMME I sans CS), il n'existe pas de pratique SCV proprement dite. Le riz est la seule culture possible en saison et il n'y a pas de possibilité de contre-saison, ce qui ne permet pas de faire les associations ou rotations de culture sur lesquelles reposent les SCV.



RMME au lac Alaotra

Par contre, il existe des alternatives aux pratiques paysannes. Le principe de gestion qui peut être proposé est de ne pas chercher à préparer les parcelles pour un repiquage, mais d'installer un riz poly-aptitude en conditions pluviales. En effet, la préparation de la parcelle pour un repiquage nécessite des travaux importants (labour, hersage, mise en boue) qui délaient fortement l'installation du riz, ce qui nuit au rendement, surtout si des variétés photosensibles comme Makalioka 34 sont utilisées.



En effectuant un labour et un émottage des parcelles en début de saison sèche juste après la campagne précédente, dès que le sol est ressuyé, il devient possible de semer du riz dès les premières pluies. Avec cette technique et en utilisant des variétés de riz poly-aptitude qui sont capables de s'installer en pluvial puis de se développer dans une lame d'eau (comme les riz SEBOTA), le riz est cultivé à la période la plus favorable, avec des rendements très intéressants. La récolte qui se fait ainsi plus tôt que dans le système traditionnel permet également une vente du riz à un prix très intéressant.



RMME installée en conditions pluviales

Dans ces conditions, en l'absence de lame d'eau en début de cycle, la pression des adventices est la principale contrainte. Il est fortement recommandé d'utiliser un herbicide de pré-levée pour éviter les sarclages. Le coût du sarclage est supérieur à celui de l'herbicide et il est souvent difficile de l'effectuer à temps.

Un apport d'azote est fortement recommandé pour le riz. Il est suffisant sur sols alluvionnaires, mais un complément de phosphore est nécessaire sur la plupart des sols organiques.

La monoculture de riz inondé ne pose pas de problème, ce qui permet de reconduire ce système chaque année, en prenant soin de bien préparer la parcelle en début de saison sèche, dès que le sol est ressuyé.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Inondables, avec possibilité de Contre Saison

RMME I avec CS

Dans de nombreux cas, les rizières inondables permettent d'implanter une culture en contre-saison, éventuellement en dérobé dans le riz.

En appliquant en année «zéro», les mêmes pratiques que dans les RMME I sans CS, avec préparation de la parcelle juste après la saison précédente, et en semant aux premières pluies un riz poly-aptitude SEBOTA non photopériodique de cycle de 115 à 130 jours, il est possible d'installer une plante de couverture qui se développe en saison sèche et permet un semis direct en SCV la saison suivante.

L'année suivante, le riz pourra être installé en semis direct sur un sol bien restructuré et enrichi en azote par les légumineuses.

On peut ainsi proposer des systèmes choisis parmi ceux de la situation des Sols exondés dans la Plaines, *Baiboho* et Bourrelets de Berge avec contre-saison (**SEPBBB avec CS**), et en particulier:



RMME installée en conditions pluviales



Rizières MME



Vesce installée après riz poly-aptitude







* **C 1a. Riz poly-aptitude / Dolique**, un très bon système avec une forte production de biomasse, fixation d'azote par la dolique et possibilité de remise en culture sans herbicide en deuxième année. La dolique, plante la plus résistante à la sécheresse en contre-saison est à utiliser de préférence sur les sols alluvionnaires argileux.

* **C 1b. Riz poly-aptitude / *Vigna umbellata***, système également intéressant pour ses possibilités de remise en culture sans herbicide en deuxième année et les forts revenus qu'il procure (au prix cependant de temps de récolte important). Il ne doit cependant être installé que sur des sols à très bonne capillarité, en particulier les rizières très organiques, le *Vigna umbellata* n'ayant pas les aptitudes de la Dolique à suivre rapidement la descente de la nappe phréatique.







* **C 2a. Riz poly-aptitude / Vesce**, système également intéressant pour ses possibilités de remise en culture sans herbicide en deuxième année et pour la production de biomasse en contre-saison, mais dans une moindre mesure que la Dolique car la vesce demande des sols à bonne capillarité pour être cultivée en contre-saison. Cependant, la Vesce a l'avantage d'être un fourrage d'excellente qualité qui peut être utilisé en partie pour les animaux. Elle va aussi se ressemer naturellement si on la laisse grainer, ce qui permet une pérennisation du système sans avoir à ressemer chaque année la plante de couverture.

* **C 2b. Riz poly-aptitude / Avoine + Vesce**, système intéressant pour sa production de fourrage en saison froide et

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Tomates sur paille de riz

son très bon contrôle des adventices (en particulier *Cyperus rotundus*), sans herbicide, avec en plus la fixation d'azote par la Vesce qui permet de réduire la dose à apporter pour cultiver ensuite des céréales. Il faut éviter de laisser grainer l'Avoine et la Vesce (fauche ou pâture avant la floraison si on souhaite qu'elles continuent à produire, après la floraison si on souhaite les contrôler pour installer une culture) pour ne pas qu'elles repartent dans la culture suivante.

* **C 2c. Riz poly-aptitude / Haricot + Vesce**, comme développé par les paysans du Lac Alaotra et qui permet de valoriser la contre-saison par une production maraîchère tout en produisant une forte biomasse et en enrichissant le sol en azote.

* **C 3.**Les systèmes **Riz poly-aptitude / Maraîchage** sont également très intéressants dans ces milieux. La culture maraîchère profite largement du paillage de riz (réduction forte de l'évaporation et des besoins en irrigation, réduction des maladies, etc.) et le riz bénéficie des quantités importantes d'engrais minéraux ou organiques traditionnellement apportés sur les cultures maraîchères, qui seront mieux valorisées. Il est conseillé de n'installer des cultures maraîchères sur les sols alluvionnaires argileux qu'après une campagne de riz en semis direct. L'utilisation d'herbicide pour la culture de riz après maraîchage sera cependant très souvent nécessaire.





Pour tous ces systèmes, il est recommandé d'effectuer un réseau de drainage ou une protection de la parcelle par des diguettes en cas de risque d'inondation du riz en début de cycle.

Tous ces systèmes sont installés sur labour en année «zéro» (effectué en fin de saison précédente). Toutefois, sur sols organiques peu battants et bien structurés, le semis direct du riz est possible dès la première année avec utilisation d'herbicides totaux.

En année «zéro» pour le riz sur labour, il est fortement recommandé d'apporter de l'azote (ce qui est suffisant sur sols alluvionnaires) et un complément de phosphore (sur la plupart des sols organiques), ce qui permet d'augmenter fortement les rendements. Sur les sols organiques, un écobuage peut remplacer la fertilisation minérale en première année.





Choux sur paille de riz

Un apport d'engrais minéral est recommandé les années suivantes, d'autant plus que leurs rendements et donc les exportations de nutriments par les grains sont élevés.

La présence d'une légumineuse en succession du riz permet de "casser " la monoculture et de cultiver chaque année du riz poly-aptitude en conditions pluviales dans ces rizières mal irriguées.

Dans tous les cas, l'utilisation d'un herbicide est vivement recommandée pour la culture du riz en situation pluviale en année «zéro» (sans paillage), faute de quoi un très important travail de désherbage sera nécessaire. Si la biomasse est disponible, un paillage est possible en première année pour limiter l'enherbement. Attention ! En cas de paillage avec du riz, s'assurer que le riz utilisé pour le paillage est indemne de Pyriculariose (risque de transmission).



Les années suivantes, le riz est installé en semis direct, en fauchant, ou mieux en roulant (petit rouleau en culture attelée) la biomasse en place si nécessaire.

Ces pratiques ont l'intérêt d'être peu risquées. Si par accident l'installation des cultures de 2ième cycle est impossible (semis trop tardif par rapport au niveau de la nappe phréatique, sol trop battant, etc.), il est possible de reprendre la culture suivante sur labour comme en année «zéro».

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Exondées

Tous les systèmes proposables sur les Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau Inondables (RMME I) sont également très intéressants pour les **Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau Exondées (RMME E)**, et y sont même plus sûrs (pas de risque d'inondation préjudiciable en début de cycle). On peut donc y proposer le même principe, à savoir préférer une installation de ces parcelles en conditions pluviales, en cherchant à infiltrer l'eau en profondeur et semer dès les premières pluies, plutôt que de chercher à faire une culture de riz selon des pratiques irriguées, très aléatoires et dépendantes de l'arrivée de l'eau, souvent très tardive.



Le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (voire même du sol au Carbofuran dans certaines situations de très forte pression des insectes, fréquente dans ces milieux) contre les vers blancs et les *Heteronychus* est nécessaire pour le riz et doit être raisonné en fonction de la pression des insectes pour le Maïs (qui est réduite pour les semis précoces).

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Exondées, sans possibilité de Contre Saison

Dans ces rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau non inondées, sans contre-saison possible, l'installation d'un riz poly-aptitude ou pluvial en conditions pluviales est intéressante. Toutefois, la monoculture de riz en conditions pluviales n'est pas recommandée car elle conduit à une baisse progressive des rendements, comme sur les *tanety*. En revanche, l'absence de risque d'inondation prolongée dans ces milieux permet d'y faire en saison une culture autre que le riz, ce qui permet alors de faire des rotations de cultures conduites en conditions pluviales. On se retrouve donc dans une situation proche des **Sols Moyennement Riches de Tanety (SMRT)**. On peut donc y conduire l'ensemble des **systèmes B** présentés page 28 , avec les mêmes contraintes et les mêmes avantages.

RMME E sans CS
Cf. SMRT Page 28

On bénéficie cependant d'un milieu relativement riche, où les cultures prioritaires des paysans sont des céréales exigeantes et en premier lieu le riz.



Riz traditionnel et riz poly-aptitude en RMME

On peut donc proposer en priorité dans ces **RMME E sans CS** les systèmes (cf. page 28):

B 1a. Maïs + légumineuse alimentaire volubile // Riz pluvial ou poly-aptitude en rotation

B 1 b. Riz pluvial ou poly-aptitude // Maïs + légumineuse alimentaire volubile en rotation



B 2c. Maïs + Crotalaire// Riz (+ Crotalaire) en rotation en cas de forte pression sur la biomasse

B 3a. Riz + Stylosanthes // Maïs + Stylosanthes en rotation



Ce système B 3a. est un des systèmes particulièrement intéressants car très simple de mise en oeuvre, assurant une forte production de biomasse riche en azote, un très bon contrôle des adventices sans herbicide, et permettant une exportation partielle du stylosanthes comme fourrage.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Exondées, avec possibilité de Contre Saison



Récolte précoce du riz poly-aptitude conduit en pluvial par rapport au riz RMME traditionnel

L'absence de risque d'inondation et les possibilités de contre-saison sur les Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Exondées (**RMME E avec CS**) permettent de proposer une large gamme de systèmes SCV, qui se basent tous sur une installation en pluvial des cultures, et une gestion de l'eau cherchant à éviter la stagnation et augmenter l'infiltration (décompaction de la semelle de labour). Dans ces conditions, la monoculture de riz pluvial ou poly-aptitude n'est pas possible et les systèmes doivent permettre de «rompre» cette monoculture par des rotations ou des successions.

De plus, la bonne fertilité de ces sols amène à proposer en priorité des systèmes permettant une production de céréales, avec en premier lieu le riz. On peut ainsi proposer pour cette unité agronomique tous les systèmes proposés pour les Sols Exondés dans la Plaine, *Baiboho* et Bourrelets de Berge avec possibilité de contre saison (SEPBBB avec CS, cf. systèmes C page 45), avec les mêmes avantages.

La présence d'une légumineuse en succession du riz permet de "casser " la monoculture et de cultiver chaque année du riz poly-aptitude en conditions pluviales dans ces rizières mal irriguées.

RMME E avec CS Cf. SEPBBB avec CS Page 45

Les contraintes et besoins sont aussi les mêmes que sur SEPBBB avec CS :

Le traitement insecticide des semences à l'Imidaclopride (voire même du sol au Carbofuran dans certaines situations de très forte pression des insectes, fréquente dans ces milieux) contre les vers blancs et les *Heteronychus* est nécessaire pour le riz et doit être raisonné en fonction de la pression des insectes pour le Maïs (qui est réduite pour les semis précoces).



Un apport d'engrais minéral est recommandé, d'autant plus que leurs rendements et donc les exportations de nutriments par les grains sont élevés. En année «zéro» pour le riz sur labour, il est fortement recommandé d'apporter de l'azote dans tous les cas. Sur sols organiques, il est conseillé d'apporter en plus un complément de phosphore , ce qui permet d'augmenter fortement les rendements.





Maïs + Dolique en rotation avec riz poly-aptitude

Dans tous les cas, l'utilisation d'un herbicide est vivement recommandée pour la culture du riz en situation pluviale en année «zéro» (sans paillage), faute de quoi un très important travail de désherbage sera nécessaire. Si la biomasse est disponible, un paillage est possible en première année pour limiter l'enherbement. Attention ! En cas de paillage avec du riz, s'assurer que le riz utilisé pour le paillage est indemne de Pyriculariose (risque de transmission).



Les années suivantes, le riz est installé en semis direct, en fauchant, ou mieux en roulant (petit rouleau en culture attelée) la biomasse en place si nécessaire.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Le cas particulier des Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau, Exondées, envahies de *Cynodon dactylon* ou de riz à rhizome (*Oryza longistaminata*)

Au lac Alaotra, il existe de nombreuses rizières à mauvaise maîtrise de l'eau qui sont envahies de *Cynodon dactylon* et ne sont plus cultivées. Sur ces rizières à mauvaise maîtrise d'eau non cultivées, les mêmes systèmes que sur les rizières déjà en culture peuvent être proposés en SCV, avec les mêmes avantages.



Dolique sur Cynodon

La pratique traditionnelle pour remise en culture de ces parcelles consiste en de nombreux labours, en début de saison sèche pour exposer les rhizomes au soleil.



L'alternative à proposer est de contrôler le Cynodon à l'aide d'un herbicide total (glyphosate, 1 800 - 2 160 g/ha) et de l'utiliser pour une culture en SCV

Cependant, le contrôle du Cynodon en début de saison des pluies entraîne un risque de retard à la mise en place car il est indispensable d'attendre la reprise du Cynodon pour le contrôler à l'herbicide. Il est donc conseillé de tuer le Cynodon à l'herbicide durant la saison des pluies, afin d'installer de la **Dolique** (ou du ***Vigna umbellata*** sur sols à bonne capillarité) qui permettra une mise en culture du riz en SCV dès les premières pluies de la saison suivante (tout en réduisant les risques de blocage d'azote et en conséquence les besoins en engrais minéral).



En cas de traitement du Cynodon au glyphosate juste avant le semis du riz, il est indispensable d'apporter de l'azote pour le riz (blocage d'azote dans le cas contraire).

La même approche peut être proposée pour les parcelles envahies de riz à rhizome qui peut être contrôlé par un traitement au glyphosate (2 160 g/ha) à un stade sensible, juste avant sa floraison.

L'implantation de pâturages pérennes dans les Rizières à Mauvaise Maîtrise de l'Eau abandonnées

Dans le cadre d'une approche de gestion des ressources à l'échelle de terroirs villageois, l'utilisation des rizières sans maîtrise d'eau, souvent non cultivées, pour la production de ressources fourragères peut être proposée.

Différentes espèces de Brachiaria peuvent être implantées, en fonction du régime hydrique :

* ***Brachiaria ruziziensis*** ou ***Brachiaria brizantha*** sur les rizières les plus hautes, non inondables

* ***Brachiaria humidicola*** sur les rizières intermédiaires, inondables temporairement

* ***Brachiaria mutica*** sur les rizières fréquemment inondées, avec stagnation d'eau pendant de longues périodes



Brachiaria mutica

La fertilisation de ces fourrages n'est rentable que dans le cadre d'un élevage intensif.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche

Les Rizières Irriguées

Les rizières bien irriguées sont systématiquement cultivées en riz, souvent conduites avec repiquage. Dans ces conditions, les pratiques SCV ne sont pas forcément d'un grand intérêt. On peut cependant proposer un semis de riz poly-aptitude en condition pluviale, avec utilisation d'herbicide pour le contrôle des adventices. Cette pratique permet d'éviter les travaux pénibles de mise en boue et repiquage (au prix d'un herbicide). Après installation de la culture, l'eau est amenée dans la parcelle et le riz est conduit en irrigué pour la fin du cycle. Dans les rizières irriguées exondées,(RI E) il est aussi possible de proposer tous les systèmes SEPBBB (page 45), pour les paysans qui aimeraient diversifier leurs cultures (cas très rare dans ces milieux très productifs).

Que le riz soit conduit en irrigué pendant tout son cycle ou après une implantation pluviale, il peut être intéressant d'installer une culture de contre-saison (systèmes C1 à C3) qui permet d'améliorer la fertilité des sols. Cette culture de contre-saison peut être utilisée comme paillage pour le semis direct du cycle suivant, ou incorporée pendant la préparation du sol avant repiquage.

Enfin, les pratiques de SRI (Système de riziculture intensif) ou de SRA (Système de riziculture Aménagé), qui ne font pas partie des systèmes SCV, peuvent également être proposés pour ces rizières.



Rizières irriguées. PC 15. Lac Alaotra

Les Rizières en Bordure du Lac



Rizières en bordure du lac

En bordure du lac Alaotra, des rizières sont soumises à une longue période d'inondation. Sur ces rizières à mauvaise maîtrise d'eau bordant le lac Alaotra, on peut recommander de conduire une culture de **riz de décrue**, en fin de saison des pluies, récoltée avant la crue de l'année suivante.

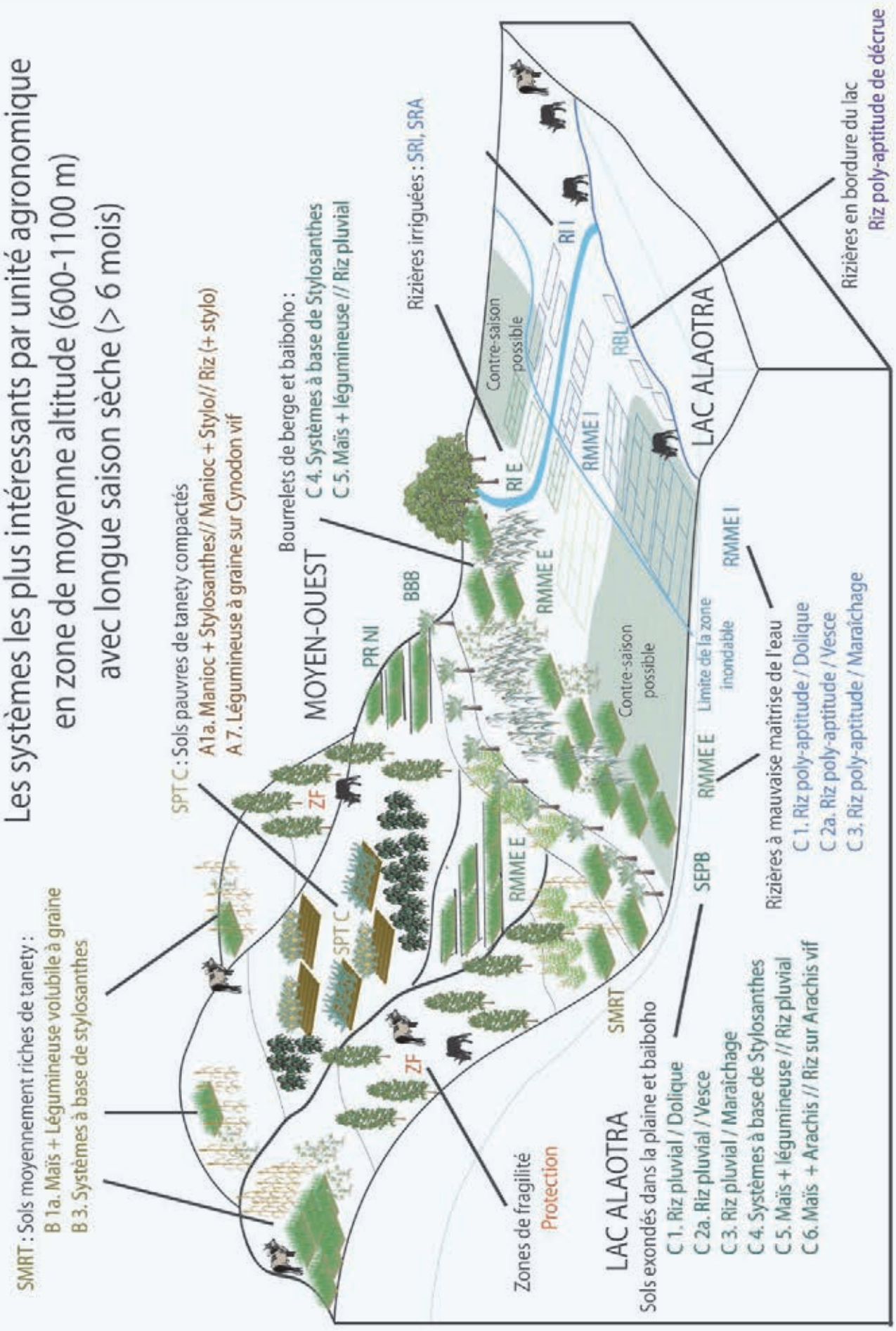
L'utilisation de **riz poly-aptitudes SEBOTA** à cycle court est recommandée. Ce système présente les avantages de pouvoir se conduire sans utilisation d'herbicide ni d'insecticide, et même sans engrais si l'on se satisfait de rendements modestes.



7. Synthèse des systèmes les plus intéressants par unité agronomique

Ce document présente une gamme de systèmes SCV proposables en fonction des différentes unités agronomiques. Cette gamme n'est pas exhaustive et peut/doit évoluer en fonction des conditions du milieu et de l'amélioration des systèmes SCV. Cette gamme permet de ne pas proposer un paquet technique, mais au contraire d'ajuster les propositions de systèmes en fonction de la situation de chaque exploitation. Certains systèmes apparaissent cependant assez robustes, et peuvent être adaptés à un grand nombre de situations. La figure de la page suivante synthétise les systèmes qui sont apparus les plus intéressants, et ont été largement diffusés et adaptés par les paysans dans le Moyen-Ouest et au lac Alaotra.

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche



Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins : RAMAFA Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr



Volume V

Exemples de systèmes SCV performants

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON, Krishna NAUDIN, Frank ENJALRIC, Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Hasina ANDRIANASOLO, Hubert RAZAFINTSALAMA, Tahina RAHARISON, Christian RAKOTOARINIVO, Joachin RASOLOMANJAKA, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY





Le contrôle du striga par les systèmes SCV (Semis direct sur Couverture Végétale permanente)

Olivier HUSSON, Roger MICHELLON, Hubert CHARPENTIER,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA,
Krishna NAUDIN, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,
Alain-Paul ANDRIANAIVO, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Décembre 2008

CIRAD Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
TAFA TAny sy FAmpandroasana
FOFIFA
GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar
afd Agence Française de Développement
maep Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

Le contrôle du striga par les SCV

Le striga

Description et répartition du striga



S. asiatica *sur riz.*



S. hermontica *sur sorgho. Cameroun*
Photo: Rakotondramanana

Le striga est une plante de la famille des *Scrophulariaceae* (famille des *Orobanchaceae*), parasite de cultures annuelles d'importance majeure comme le riz, le maïs, le sorgho et le mil.

Le genre *Striga* comporte un quarantaine d'espèces, qui ont toutes de nombreuses fleurs aux couleurs voyantes, portées par des tiges dressées et vertes. La plupart des espèces ont des feuilles vertes bien développées, simples, opposées vers le bas et alternées vers le haut [2] et sont souvent poilues [1].

Deux espèces sont des pestes végétales redoutables des cultures de céréales de la zone intertropicale:

* *Striga asiatica*, à fleurs rouges, mesure 13 à 30 cm. Elle est la plus répandue dans le monde (de l'Afrique de l'Est à l'Asie, l'océan Indien et l'Amérique du Nord)

* *Striga hermontica,* plus grande (environ 50 cm), à fleurs roses - violettes, est la plus fréquemment rencontrée en Afrique et tout particulièrement au sahel [2], où elle cause des pertes de rendement estimées de 30 à 75 % au niveau national, mais qui peuvent être de 100 % au niveau d'une parcelle [1].

Le striga est une plante particulièrement bien adaptée aux zones à faible pluviométrie, avec saison sèche bien marquée et températures annuelles élevées. Il se développe mal dans les zones à forte pluviométrie et dans les climats sub-tropicaux (au dessus de 1200 m d'altitude à Madagascar).

A Madagascar, seules trois espèces sont présentes. *Striga asiatica*, introduite accidentellement probablement au début du XX^{e} siècle est de loin la plus fréquente et la plus répandue, causant des dommages considérables aux cultures, en particulier dans le Moyen - Ouest et le Sud de l'Île [2]. Le striga est connu sous plusieurs noms, selon les régions de Madagascar : "Striga" d'après son nom latin, "Ahitra menakely" "Arema" ou "Kimenamena", en raison de ses fleurs rouges (Moyen-Ouest), "Halafihana" (Nord - Est), "Angamay" ("qui brûle") pour les dégâts qu'elle cause, "Ahitra vahiny" (Sud - Ouest) [2], etc. Dans ces régions, l'agriculture se transforme sous l'effet de la croissance démographique qui amplifie l'importance des dégâts du striga, qui devient une contrainte importante des cultures depuis la fin des années 1980, en particulier dans le Moyen - Ouest. En 1998, les pertes de production moyennes dans le Moyen - Ouest étaient évaluées à 17,5 % pour le riz pluvial et 20% pour le maïs et augmentaient rapidement, avec 50 % des parcelles infestées [2] et probablement plus de 75 % actuellement. Quand l'infestation par le striga est trop importante, les paysans se voient obligés d'abandonner les parcelles et de migrer vers de nouvelles terres.

Cycle et biologie du striga

Après une période de dormance, les graines passent par une phase de pré-conditionnement (réhydratation) avant la germination. Le cycle biologique du striga peut alors commencer par une phase souterraine qui dure près de 50 jours. La plante développe tout d'abord un organe ténu, qui va rapidement se fixer sur l'hôte puis pénétrer ses tissus et se brancher sur son système vasculaire [1]. Pendant cette phase souterraine, le striga est un parasite exclusif qui se nourrit entièrement aux dépens de la plante hôte. Après émergence, les feuilles se développent et deviennent chlorophylliennes. La plante devient hemiparasite [1], capable de subvenir à une partie de ses besoins (25 % environ [3]).

La tige se développe rapidement et produit une hampe qui portera les fleurs. La floraison commence cinq à six semaines après l'émergence des plantules [2].

Le contrôle du striga par les SCV

Les graines de striga

Les strigas produisent de minuscules graines, en quantité gigantesque : un plant produit de 10 000 à 100 000 graines [1][2][3] qui se différencient à l'intérieur de petites capsules de 5 à 6 mm de long, contenant chacune des milliers de graines [4]. Ces graines se présentent sous la forme d'une poussière noirâtre. Elles ne mesurent que 0,30 mm x 0,15 mm et on trouve plus de 200 000 graines par gramme [2], ce qui fait qu'elles sont facilement disséminées par le vent, les eaux de ruissellement, le bétail, le matériel agricole et l'homme par le biais des semences des cultures et des chaumes contaminés [1][4].

Les graines qui présentent un tégument coriace peuvent survivre dans le sol pendant 10 à 20 ans [1][2][4] en conservant leur faculté germinative, jusqu'à ce qu'elles rencontrent les conditions favorables à la germination.

Levée de dormance, pré-conditionnement, stimulation et germination

Comme pour la plupart des végétaux, les graines de striga passent par une période de dormance, ce qui leur permet d'éviter de germer après une légère humectation accidentelle durant la saison sèche. Pour le striga, cette période de dormance est assez longue (4 à 8 mois [2]), d'autant plus longue que les températures sont basses [3].

Après la période de levée de dormance, les semences doivent passer par une phase dite de "pré-conditionnement", qui correspond à une réhydratation au moment des premières pluies. La durée de cette phase est variable et dépend de la température et des espèces. La température optimale pour cette phase est de 23°C pour *S. hermontica* alors qu'elle est de 30°C pour *S. asiatica* [3]. Dans ces conditions optimales, la phase de pré-conditionnement dure de 10 à 15 jours. Elle est d'autant plus courte et le taux de germination est d'autant plus élevé que les graines sont âgées [2].

Cette phase, si elle est nécessaire n'est cependant pas suffisante pour déclencher la germination. Les graines doivent encore percevoir un signal chimique spécifique émanant des racines de la plante hôte afin de pouvoir germer. La plupart des graines dans le sol ne vont pas percevoir ce stimulant qu'elles ne peuvent ressentir qu'à 4 mm de distance [1] et qui n'est sécrété que 3 à 6 mm devant les jeunes cellules à la pointe des racines de la plante hôte (les vieilles cellules n'en produisant pas) [3].

Cette exigence limite efficacement la germination des graines de striga. L'absence de cette stimulation dans les quatre à six semaines qui suivent le pré-conditionnement fait entrer les semences en dormance dite "secondaire" ou "humide" (qui correspond à une nouvelle deshydratation). Ce phénomène peut se répéter plusieurs années consécutives jusqu'à ce que la graine rencontre les conditions favorables à la germination [1], qui a alors lieu dans les 24 heures si les températures sont suffisantes (température optimale de 30°C pour *S. asiatica* et *S. hermontica* [3]).



Phase souterraine (holoparasite) de S. Asiatica
Photo : N. Moussa

Les substances naturelles qui stimulent la germination du striga sont le strigol ou des composés analogues que l'on a pu isoler à partir des exsudats racinaires des plantes hôtes (maïs, mil,etc). Elles sont actives à très faible dose et la présence de plusieurs hôtes simultanément entraîne une synergie : ainsi, des exsudats de maïs et de lin séparément stimulent la germination de respectivement 4 % et 5 % des graines alors que leur présence simultanée stimule la germination de 51 % des graines de striga [3].



Cependant, des plantes qui ne sont pas des hôtes du striga peuvent produire des stimulants de sa germination. Seule la fixation est limitée à une gamme très réduite de plantes hôtes [3]. Il existe donc des plantes qui déclenchent la germination du striga mais ne sont pas parasitées.

Le contrôle du striga par les SCV

Fixation et développement d'un suçoir

Après germination, la radicule est guidée vers les jeunes racines de la plante hôte, attiré par les substances (chimiotropisme positif), probablement par un gradient de concentration de ces substances qui déclenchent la germination. Elle doit alors rapidement établir le contact avec une racine hôte, dans les 3 à 4 jours sous peine de dégénérescence [4]. Elle croît vers la racine de la plante hôte et peu avant sa fixation, la radicule de striga se renfle légèrement et émet des papilles qui facilitent son adhérence à la surface de l'hôte [1].



Phase aérienne, hémiparasite
Photo : N. Moussa

Un suçoir (appelé haustorium) se forme dans les cinq jours et pénètre dans la racine de la plante hôte. A partir de ce stade le striga prélève de l'hôte toutes les substances nécessaires à son métabolisme (eau, hydrates de carbone et autres éléments nutritifs) et présente sa plus grande nuisibilité car il dépend entièrement de son hôte pour pouvoir se développer (holoparasite).

Dans le cas où la germination a été stimulée par une plante qui n'est pas une plante hôte, la radicule de striga n'arrive pas à se fixer sur la racine de cette plante "piège" et meurt rapidement. On parle alors de germination "suicide" du striga.

Emergence

Jusqu'à ce qu'elle se soit "branchée" sur la racine hôte, la plantule de striga est minuscule. Elle va alors étaler ses cotylédons et des feuilles apparaissent sur la jeune tige translucide qui va se développer verticalement pour sortir du sol [1]. Mais seule une faible proportion émerge au-dessus du sol, la plus grosse partie des parasites restant en attente dans le sol en exerçant toutefois leurs effets néfastes sur la plante-hôte.

L'émergence a lieu environ 8 semaines après le semis de la plante hôte, 6 à 7 semaines après la germination de la plante parasite.

Floraison et fructification

La croissance de la tige est très rapide. Cinq à six semaines après l'émergence, la phase de floraison commence. Une hampe florale porte de très nombreuses fleurs irrégulières à symétrie bilatérale [1]. Les innombrables graines produites par ces fleurs seront disséminées 2 à 3 semaines après floraison.



Dégâts pouvant atteindre 100% du rendement sur sol pauvre

Plantes hôtes et plantes "pièges"

Les principales cultures hôtes de *S. asiatica* et *S. hermontica* sont : le maïs (*Zea mays*), le riz (*Oryza sativa*), le sorgho (*Sorghum bicolor*), le mil (*Pennisetum americanum*), l'éleusine (*Eleusine coracana*) et la canne à sucre (*Saccharum officinale*) [1][2][3]. Une autre espèce de striga, *S. gesnerioides* cause des dommages sur le niébé (*Vigna unguiculata*) et le tabac (*Nicotiana tabacum*) en particulier [1][2][3].

Les graminées spontanées servent aussi d'hôte alternatif au striga : *Heteropogon contortus, Cynodon dactylon, Rottbelia exaltata, Echinochloa colona, Brachiaria distachya, Brachiaria erecta, Stenotaphrum dimidiatum, Setaria sphacealata*, etc. et il n'est pas rare de voir fleurir le parasite au milieu de la jachère [2][3].

Parmi les plantes pièges, qui stimulent la germination de *S. hermontica* et *S. asiatica*, mais ne permettent pas sa fixation, on peut citer:

* des cultures qu'il sera intéressant d'inclure dans les rotations pour réduire le stock semencier de striga dans le sol comme le cotonnier (*Gossypium hirsutum*), le soja (*Glycine max*), le pois de terre (*Voandzeia subterranea*), le pois d'angole (*Cajanus cajan*), l'arachide (*Arachis hypogea*)[3], le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le niébé (*Vigna unguiculata*) [2], le pois (*Pisum sativum*), les crotalaires (*Crotalaria sp.*), la dolique (*Dolichos lablab*), le tournesol (*Helianthus annuus*), le

Le contrôle du striga par les SCV

ricin (*Ricinus communis*), le lin (*Linum usitatissimum*) [3] et le sésame (*Sesamum indicum*).

* des plantes de couverture/fourrages, utilisables en SCV : la mucuna (*Mucuna sp., Stizolobium atterrinum*), les desmodium (*Desmodium sp.*), le stylosanthes (*Stylosanthes guianensis*) qui peuvent stimuler la germination du striga jusqu'à 70 % de plus que le maïs mais ne sont pas parasités [5], le pueraria (*Pueraria phaseoloïdes*) ou le callopogonium (*Callopogonium mucunoïdes*) [6].

L'efficacité des plantes pièges peut cependant être limitée par la présence de graminées spontanées, comme dans la jachère.

Symptôme et dégâts sur les cultures

L'attaque sur la plante hôte se fait sentir très tôt, bien avant l'émergence du parasite. C'est en effet durant sa période de vie souterraine que le striga puise la totalité de ses besoins dans la plante hôte, alors qu'il pourvoit à une partie de ses besoins après émergence.

Le striga prélève directement l'eau, les éléments nutritifs et les substances de croissance qui lui sont nécessaires par l'intermédiaire de suçoirs connectés au système racinaire de l'hôte. Ce parasitage se traduit par un mauvais développement de la partie aérienne, une chlorose (jaunissement) suivie d'un dessèchement progressif des feuilles, une réduction de la taille de la culture et une mauvaise fructification, et donc une baisse de rendement importante. Ces symptômes sont liés à une forte carence en éléments nutritifs et à un manque d'eau au niveau de l'hôte, mais il existe probablement d'autres raisons au faible développement de l'hôte (modification de l'équilibre hormonal, toxines, perturbation de la photosynthèse) [1].



Forts dégâts (sur riz) en phase souterraine
Photo: Rakotondramanana

Si le striga inhibe considérablement le développement de la partie aérienne de la plante hôte, il ne perturbe pas son développement racinaire, ce qui a un double avantage pour le parasite : il maintient à sa disposition un système racinaire hôte en bon état, capable d'assurer son alimentation en eau et sels minéraux, et il diminue les exigences nutritives de l'hôte en réduisant son système aérien [1].

De plus, le striga maintient ses stomates ouverts en permanence, ce qui entretient une forte évaporation, là encore à l'avantage du parasite (il active le transit de la sève et permet une alimentation du parasite en substances solubles diverses) mais au détriment de la plante hôte qui est maintenue constamment en état de stress hydrique [1].Cette forte évaporation maintenue en permanence explique que les dégâts du striga sur la plante hôte sont particulièrement sévères durant les périodes sèches.



Bon développement racinaire mais faible développement des parties aériennes de riz parasité par S. asiatica
Photo: N. Moussa

Les conditions favorables au développement du striga

Le striga est une plante que l'on associe souvent à la pauvreté.

Il se développe dans des milieux à pluviométrie faible et irrégulière, sur des sols pauvres, à faible teneur en matière organique et en azote.

L'augmentation des surfaces cultivées et la réduction de la jachère, les pratiques culturales (labour, monoculture), de faibles restitutions et une érosion intense, les feux de brousse répétés et la multiplication des productions de céréales (plantes hôtes du parasite) entraînent une dégradation rapide des sols et favorisent le développement du striga. Son mode de reproduction (multitude de petites graines facilement transportées) lui permet d'infester rapidement de grandes surfaces.

Les petites exploitations défavorisées sont les plus touchées. Elles entrent dans un cercle vicieux de dégradation qui favorise le développement du striga, ce qui aggrave encore leur précarité : petites parcelles ne permettant pas la rotation de culture (besoin d'assurer son approvisionnement en céréales de base), pas d'accès aux intrants ni parfois même au fumier, pas de jachère, peu de force de travail, etc.

Le contrôle du striga par les SCV

Les moyens de lutte classique



Etant donné le fort pouvoir d'infestation des graines de striga, les propositions de lutte préventive (utilisation de semences non contaminées, nettoyage du matériel agricole, quarantaine) doivent être mises en oeuvre par l'ensemble des communautés pour être efficaces, ce qui rend leur application difficile et incertaine.

Une fois l'infestation constatée, les méthodes classiques de lutte curative contre le striga sont le plus souvent peu efficaces (labour, fertilisation minérale, décalage du semis de la culture pour réduire l'infestation, variétés sélectionnées, etc.) ou inadaptées et très difficiles à mettre en oeuvre (arrachage des plantes à poursuivre sur les chaumes après la récolte, traitements herbicides répétés au 2,4-D, inondation pendant plusieurs semaines, culture-appât mécanisée, fumigation).

La faible efficacité des méthodes de lutte classiques amène à proposer des méthodes de lutte intégrée, associant plusieurs moyens de lutte simultanément, ce qui est parfois encore plus difficile à mettre en oeuvre. La conséquence de ce manque de moyens de lutte est une expansion rapide et une aggravation des dégâts causés par le striga au cours des dernières décennies. Il en résulte une aggravation de la situation de nombreuses exploitations agricoles, l'abandon de terres et des difficultés récurrentes pour satisfaire les besoins alimentaires dans de nombreuses zones.



Réduction de l'amplitude thermique par la couverture végétale
Photo : N. Moussa

Cependant, deux moyens de lutte permettent d'aboutir à des résultats intéressants: l'utilisation des plantes pièges dans les rotations (germination "suicide" et baisse du stock semencier du striga) et le paillage (réduction de la température au sol ce qui réduit la germination du parasite). Là encore, la difficulté réside dans la mise en oeuvre de ces techniques dans des systèmes attractifs : l'utilisation de plantes "pièges" ne doit pas se faire au détriment de la culture, et le paillage nécessite de la biomasse (souvent utilisée pour l'alimentation des animaux, rapidement décomposée par les termites et/ou perdue dans les feux de brousse) et peut être longue et pénible à transporter.

Les techniques de semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) proposent des alternatives intéressantes qui permettent la mise en oeuvre simultanée de l'utilisation de plantes pièges, de paillage et d'amélioration de la fertilité du sol, et ce avec des moyens limités. Les bons résultats obtenus sur le contrôle du striga permettent leur diffusion rapide.

Le contrôle du striga par les SCV

Les études réalisés par TAFA, le CIRAD et le FOFIFA (Centre de recherche appliquée au développement rural) depuis une décennie sur les terrains infestés de la station d'Ivory (Moyen-Ouest de Madagascar) montrent que de nombreux systèmes SCV sont extrêmement efficaces pour contrôler rapidement *S. asiatica*. Ils sont confortés par les résultats obtenus dans d'autres écologies (Sud - Ouest Malgache sur *S. asiatica,* Côte d'Ivoire et Cameroun sur *S. hermontica*).

Résultats agronomiques

Contrôle du striga et rendement des cultures [7]

Sur la station d'Ivory, sols ferrallitiques moyennement à faiblement désaturés (V=30 à 60%), à pH 5,5 à 6, abandonnés par les paysans du fait de la trop forte pression du striga , les résultats obtenus dès la première année sur maïs sont spectaculaires. Un simple paillage et une association avec une légumineuse vivrière (niébé, dolique, soja, etc.) ou avec une légumineuse pérenne (*Arachis pintoï* ou *Stylosanthes guianensis*) en cours d'installation, permettent d'obtenir une forte réduction de l'infestation par le striga et une amélioration notable des rendements. Une association Maïs + Niébé ou Maïs + Soja permet de tripler le rendement par rapport à une culture pure sur labour (1,7 à 2 t/ha de maïs + 0,4 à 0,6 t/ha pour la légumi-

Le contrôle du striga par les SCV

neuse en SCV, contre 0,7 t/ha de maïs en labour, avec un simple apport de fumier). Ces résultats sont confirmés par 3 années aux conditions climatiques contrastées (passage de 2 cyclones en 2003/04, sécheresse en 2004/05 et pluviométrie bien répartie en 2005/06), pour la culture du maïs et celle du riz [8].

Au cours d'une campagne à pluviométrie bien répartie, le rendement du maïs conduit en SCV sur résidus de riz, en association avec les légumineuses vivrières : niébé, soja ou *Vigna umbellata* (« *tsiasisa* »), est supérieur de 50 % à celui du témoin, avec une production supplémentaire non négligeable de la légumineuse (0,5 t/ha de niébé, 1 t/ha de soja, ou 0,3 t/ha de *V. umbellata*).

L'effet est particulièrement marqué l'année de fort déficit hydrique, avec des rendements de riz triplés en SCV par rapport au labour (respectivement 1,5 t/ha contre 0,5 t/ha avec un simple apport de fumier, et 2,5 t/ha contre 1 t/ha avec la fertilisation recommandée) [8].

Les productions s'améliorent rapidement dans les associations avec des légumineuses vivrières ou sur couverture vive (atteignant 4 t/ha de maïs ou de paddy, même en année cyclonique), grâce aux effets favorables convergents des systèmes SCV.

Ces gains de rendements sont obtenus avec une réduction forte du temps de travail (abandon du labour), ce qui rend ces systèmes particulièrement attractifs pour les paysans.

Outre l'association du maïs avec des légumineuses (connues pour leur effet de plantes "pièges" déclenchant la germination suicide du striga), d'autres associations ont montré un intérêt considérable pour la lutte contre le striga. Ainsi, aucun pied de striga n'émerge dans les parcelles de riz cultivées sur couverture morte (après que la plante de couverture a été contrôlée), que ce soit après maïs associé au niébé, au *Brachiaria ruziziensis, au Brachiaria brizantha*, ou au *Stylosanthes guianensis* [8].

Le riz sur couverture vivante d'*Arachis repens* ou d'*Arachis pintoï* est également totalement indemne de striga, alors que les parcelles paysannes aux alentours sont très fortement attaquées (jusqu'à 100 % des plants) [8].

L'année même de l'implantation, l'association maïs + brachiaria (*B. ruziziensis* ou *B. brizantha*) permet une réduction drastique de l'infestation par *S. asiatica*. Le même effet à été constaté au Nord Cameroun sur *S. hermontica*, sur sols sableux. Cet effet laisse supposer que les brachiarias sont, comme le niébé, le stylosanthes, le cajanus et la crotalaire, des plantes pièges qui déclenchent une germination suicide du striga.



Contrôle de S. hermontica *dans le sorgho par une association avec* Brachiaria ruziziensis *au nord Cameroun. Photo: K. Naudin*

Les associations du maïs ou du riz avec les couvertures vives d'arachide pérenne ou du maïs seulement avec *Brachiaria ruziziensis* conduisent dès la première année à des gains moyens de rendement supérieurs ou égaux à 30 % par rapport à ceux obtenus après labour, que ce soit pour le riz pluvial (2,6 t/ha sur arachide pérenne et 2,7 t/ha sur résidus de *B. ruziziensis* contre 2,0 t/ha après labour) ou pour le maïs (3,2 t/ha sur arachide pérenne contre 2,2 t/ha après labour, et 4,2 t/ha en association avec *B. ruziziensis*), avec une fertilisation forte (5 t/ha de fumier + 300 kg/ha NPK + 100 kg/ha urée soit 79 N, 66 P_2O_5 et 48 K_2O) [8].

Modes d'action

Les techniques de semis direct sur couverture végétale permanente ont l'avantage de conjuguer différentes pratiques qui ont un effet dépresseur sur le striga:



* La germination "suicide" d'un grand nombre de graines du fait d'un développement racinaire important de plantes pièges associées à la culture sensible.

* Une réduction de l'amplitude thermique, avec en particulier un abaissement de la température maximale du sol du fait du maintien en permanence d'une couverture végétale épaisse. Cet abaissement de la température allonge le temps de pré-

Le contrôle du striga par les SCV



conditionnement des graines de striga (en particulier *S. asiatica* dont la température optimale pour cette phase est de 30°C) et peut limiter la germination (température optimale de 30°C).

* Une amélioration du niveau de fertilité des sols, en particulier enrichissement en matière organique rapide (0,5 à plus de 1,5 t de carbone/ha/an selon les systèmes) et en azote (par les légumineuses inclues dans les rotations ou associations).

* La création et le maintien de conditions favorables au développement de parasites du striga. Dans le cas du maïs semé sur couverture vive d'arachide pérenne (*A. pintoï* ou *A. repens*), ou sur résidus de *B. ruziziensis*, les observations conduites en 2004/05 révélaient la présence de *S. asiatica* fortement attaqué soit par des insectes (supposés *Junonia sp.*), soit par des maladies (Fusarium), et ce malgré la sécheresse cette année là [7].

Outre les effets sur le striga, le semis direct sur couverture végétale conduit à une amélioration de l'activité biologique et de l'état sanitaire des cultures. Il permet de recréer et de maintenir une bonne porosité du sol, favorable au bon développement du riz pluvial.

Les systèmes à proposer en fonction des milieux et des contraintes

Ainsi, une dizaine de plantes ont été identifiées pour leur intérêt dans la lutte contre le striga. Cette richesse permet de proposer des systèmes performants et économiquement très attractifs, pour la remise en culture rapide des terres abandonnées par les paysans du fait de leur infestation par le striga, et ce dans diverses écologies.

En milieu de moyenne altitude (600-1100 m), avec saison sèche marquée (>6 mois)

Ce milieu correspond au Moyen - Ouest Malgache où la pression du striga est extrêmement élevée sur riz et maïs, les deux cultures préférées des agriculteurs. Il offre de nombreuses possibilités de culture en SCV, qui permettent de réduire rapidement les dégâts du parasite. Une large gamme de systèmes permet de proposer aux agriculteurs des solutions adaptées à leurs divers besoins, contraintes et moyens, et qui peuvent s'intégrer de différentes manières dans les systèmes d'élevage.



Forte infestation par S. asiatica *(Moyen Ouest)*

La production de riz nécessite des sols non compactés, et relativement fertiles (ou fertilisés). En année "zéro" de préparation du semis direct, la culture de riz en zone infestée de striga nécessite également un paillage de la parcelle pour réduire fortement la pression du parasite faute de quoi la fertilisation ne sera pas valorisée et la culture de riz sera peu rentable, voire déficitaire.

Le maïs se comporte mieux que le riz sur sols compactés, mais est plus exigeant au niveau de la fertilité et moins tolérant à l'aluminium que ce dernier. Par contre, il est possible de le cultiver directement en zone infestée de striga, même sans paillage si la biomasse n'est pas disponible, à condition de l'associer à une plante "piège" du parasite.

Sur sol compacté, on commencera donc en année "zéro" par des plantes peu exigeantes (manioc, arachide, pois de terre ou éventuellement soja) associées à des plantes restructurantes quand le niveau de fertilité du sol et les possibilités de fertilisation sont faibles, ou par du maïs (associé à des plantes améliorantes et capables de contrôler le striga) si le niveau de fertilité du sol et/ou l'apport d'engrais le permettent.

Sur sol non compacté, si le niveau de fertilité du sol/fertilisation le permet, on cultivera en année "zéro" du riz (si la biomasse disponible aux alentours permet de pailler la parcelle) ou du maïs, que l'on associera à des plantes améliorantes et capables de contrôler le striga. Si le niveau de fertilité ne permet pas la culture de ces céréales, on cultivera des plantes moins exigeantes (manioc, arachide, pois de terre ou éventuellement soja) associés à des plantes améliorantes.

Dans tous les cas, *Stylosanthes guianensis* est une plante extrêmement intéressante pour un contrôle rapide et total du striga et la culture de céréales avec des moyens très limités.

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés pour un contrôle rapide du striga

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche (> 6 mois)

	Maïs + Arachis pérenne // Riz ou maïs sur arachis vif	Maïs + Lég. alimentaire volubile // Riz en rotation	Maïs + Légumineuse alimentaire chaque année	Maïs + Mucuna // Riz en rotation	Maïs + Crotalaire // Riz en rotation	Maïs + Brachiaria ruzi. (+ Cajanus) // Riz en rotation	Maïs + Brachiaria ruzi. // Soja // Riz en rotation	Maïs + Eleusine (+ Cajanus) // Riz en rotation	Riz + Stylosanthes // Maïs + Stylo. en rotation	Maïs + Stylosanthes // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes en rotation	Riz + Stylosanthes // Stylosanthes en rotation	Lég. alimentaire. non volubile +Stylo. // Stylo. // Riz ou Maïs + Stylo. // Stylosanthes	Manioc + Stylo. // Manioc + Stylo. // Riz ou Maïs + Stylo.	Manioc + Brachiaria ruzi. // Manioc + Stylo. // Brachiaria ruzi. // Soja // Riz
Possible sur sol compacté en année “zéro”	X	X	X		X	X	X	X		X		X	X	X
Production de riz ou de maïs chaque année	X	X	X	X	X	X		X	X					
Production de grains ou tubercules chaque année	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X
Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrages										X	X	X		
Production de riz ou de maïs après deux ou trois années d’amélioration													X	X
Besoins en fertilisation en année “zéro” (sur sol peu fertile)	■	■	■	■	■	■■	■■	■	■	■	■			
Besoins en paillage de la parcelle en année “zéro”									■		■			
Besoins en insecticides (traitement de semences) en année zéro”	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
Besoins en herbicides en année “zéro”									■		■			
Besoins en herbicides pour la remise en culture (année 1 ou plus)	■■					■	■							■
Contrôle du striga dès l’année “zéro”		●	●	●	●	●●	●●			●	●	●●	●●	●●
Contrôle du striga les années suivantes	●●	●	●	●●	●	●●	●●	●	●●	●●	●●	●	●●	●●
Restructuration du sol / Décompaction	●		●	●	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●	●	●●
Enrichissement du sol (N, P, Bases, ...)	●	●	●	●	●	●		●●	●●	●●	●	●●	●●	
Contrôle des adventices les saisons suivantes	●	●	●	●●	●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
Réduction des intrants les saisons suivantes	●			●	●			●	●	●●	●●	●●	●	●
Possibilités d’utilisation en fourrages		–	–		–		–		–	●	●	●	●	●
Tolérance à la divagation des animaux	●	–	–	–	●●		–		–	●	●	●	●	

■■ Indispensable
■ Recommandé

●● Très fort
● Fort
Vide : Moyen
– Faible

Le contrôle du striga par les SCV

Les systèmes intensifs permettant la production de riz ou de maïs chaque année



*Riz sur couverture vive d'*Arachis pintoï

Ces systèmes permettent d'obtenir rapidement des productions intéressantes mais nécessitent un investissement en intrants, et donc une prise de risque, qui peuvent être un obstacle à leur diffusion rapide.

Maïs + Arachis pintoï ou Arachis repens // Riz ou maïs sur Arachis vif

\+ Ce système permet de cultiver chaque année une céréale, en implantant la première année une couverture d'arachide pérenne qui sera ensuite utilisée en couverture vive. Le système se pérennise et permet une culture de céréale chaque année.

Il est préférable de débuter avec du maïs plutôt que du riz afin de faciliter l'implantation de la couverture. Cette association Maïs + Arachide pérenne peut être implantée avec utilisation d'un herbicide de pré-émergence, l'Alachlore (si disponible), qui est sélectif des deux espèces et contrôle la plupart des graminées et dicotylédones adventices. Dès l'année suivante, striga et autres adventices seront contrôlés par l'arachide pérenne qui sera maîtrisée localement (mais pas tuée) avant mise en place de la culture.

– Le contrôle du striga en première année est limité et un apport de paille est nécessaire si l'on souhaite une amélioration sensible dès l'année "zéro" d'implantation de la couverture. Cette technique nécessite également l'utilisation d'herbicide (indispensable pour le contrôle de l'arachide pérenne) et une bonne maîtrise technique. Un apport de fumier est indispensable, et la fertilisation minérale est recommandée pour obtenir rapidement une forte biomasse et pour compenser les exportations par la culture, d'autant plus que les rendements seront élevés.

Maïs + Légumineuse alimentaire volubile (Dolique, Niébé ou Vigna umbellata) // Riz en rotation

\+ Une association de maïs (ou de sorgho) avec une légumineuse alimentaire volubile permet de :

✓ réduire fortement la pression du striga sur la céréale dès l'année "zéro" (les légumineuses jouant le rôle de plantes "pièges" déclenchant une germination suicide des graines de striga, un apport de paillage renforçant cet effet et permettant un bon contrôle)

✓ produire une céréale (3 t/ha de maïs avec fumier seul), plus une légumineuse (0,3 à 0,9 t/ha) qui procure des revenus intéressants [8]

✓ produire une forte biomasse qui permettra le semis direct de riz l'année suivante, avec un contrôle efficace du striga.



Maïs + Vigna umbellata

– Comme pour les systèmes précédents, un apport de fumier est indispensable et la fertilisation minérale est recommandée.

Maïs + Légumineuse alimentaire (Dolique, Niébé, Vigna umbellata, Soja, Arachide, Pois de terre, etc.) chaque année

\+ Ce système présente les mêmes avantages que le système précédent, (contrôle rapide du striga, production de légumineuse en plus de la céréale).

– La plus faible production de biomasse par les légumineuses non volubiles ne permet pas le semis direct de riz dans de bonnes conditions l'année suivante.

Maïs + Mucuna // Riz en rotation

\+ L'association du maïs avec la mucuna (*Mucuna pruriens var utilis* ou *Stizolobium atterrinum*) permet un très bon contrôle du striga dès l'année "zéro" et peut être utilisée pour l'alimentation des animaux (porcins en particulier).

Le contrôle du striga par les SCV

– Cependant, ce système n'est pas possible sur sols compactés (la mucuna au système racinaire peu puissant se comportant mal dans de telles situations). De plus, par rapport aux autres systèmes maïs + légumineuse alimentaire, la mucuna a aussi l'inconvénient de ne pas produire de grains comestibles.

Maïs + Crotalaire // Riz en rotation



Maïs + Crotalaria grahamiana

+ Pour les zones où le maintien d'une couverture végétale est difficile du fait du passage d'animaux, l'association du maïs avec de la crotalaire, qui n'est pas appétée, est une bonne alternative, même si le contrôle du striga en première année est moindre qu'avec d'autres légumineuses. Par ses pivots puissants (décompaction des sols) et sa fixation d'azote, la crotalaire est un très bon précédent pour le riz pluvial. Parmi les nombreuses espèces de crotalaire, *Crotalaria grahamiana* se comporte très bien dans ces situations en altitude supérieure à 900 - 1000 m. *Crotalaria spectabilis*, *Crotalaria juncea* et *Crotalaria retusa* sont recommandées pour les altitudes inférieures à 900 - 1000 m.



Maïs + Brachiaria ruziziensis (+ Cajanus cajan) // Riz en rotation

+ L'association du brachiaria dans le maïs permet un très bon contrôle du striga dès l'année "zéro", la décompaction des sols et une forte production de biomasse pour préparer le semis direct de l'année suivante. De plus, le brachiaria n'est pas consommé par les termites ce qui permet de conserver une forte biomasse au sol même en cas de forte infestation par ces insectes.

– Cette association nécessite cependant un apport d'engrais (NPK) et une bonne maîtrise technique pour limiter la compétition du brachiaria sur le maïs. Il faut également éviter de laisser grainer le brachiaria dont les repousses pourraient devenir envahissantes dans la culture de riz l'année suivante. De plus, le contrôle du brachiaria pour remise en culture nécessite en général l'emploi d'herbicide (Glyphosate, 1080 g m.a./ha).

+ L'ajout de *Cajanus cajan* (plante "piège") dans l'association renforce l'effet sur le striga et permet de réduire les besoins en azote pour la culture de riz l'année suivante (apport cependant nécessaire pour réduire le risque de "faim" d'azote lors d'une culture de céréale sur un paillage de graminées).



Maïs + Brachiaria + Cajanus

Maïs + Brachiaria ruziziensis // Soja // Riz en rotation



Soja après Maïs + Brachiaria

+ Pour éviter le blocage d'azote sur la culture de riz, il peut être intéressant de préférer cultiver du soja après le brachiaria, et de différer la culture de riz à l'année suivante.

Le riz bénéficiera de l'apport d'azote par la légumineuse. Il sera également plus facile de contrôler chimiquement d'éventuelles repousses de brachiaria dans le soja que dans la culture du riz.

Maïs + Eleusine coracana (+ Cajanus cajan) // Riz en rotation

+ L'utilisation d'éleusine à la place du brachiaria a pour principaux avantages de ne pas nécessiter d'herbicide pour la remise en culture en semis direct, et de réduire les risques de blocage d'azote (donc les besoins en urée la sai-

Le contrôle du striga par les SCV

son suivante), l'éleusine fixant de l'azote atmosphérique grâce à une association avec des bactéries libres de la rizosphère. Elle est ainsi un très bon précédent pour le riz.



Riz après Maïs + Eleusine

– Ce système a cependant l'inconvénient de moins bien contrôler le striga en année "zéro" car l'éleusine est une plante hôte du parasite. Autre inconvénient, l'éleusine est fortement consommée par les termites et les criquets. Son utilisation n'est pas recommandée dans les zones où la pression de ces insectes est forte car la disparition rapide de la biomasse d'éleusine rendra le système SCV moins efficace.

Riz + Stylosanthes // Maïs + Stylosanthes en rotation

+ Dans ce système, le stylosanthes implanté dans le riz (au premier sarclage) se développe très peu, mais s'installe pour l'année suivante. L'avantage de ce système est qu'il est possible de cultiver du maïs l'année suivante, avec une pression faible du striga, tout en produisant une forte biomasse de stylosanthes. L'année suivante, le striga est contrôlé et il est possible de cultiver du riz dans lequel le stylosanthes se réimplantera naturellement par les graines tombées au sol.

– En année "zéro", du fait du faible développement du stylosanthes, le contrôle du striga doit se faire par paillage (ce qui nécessite que de la biomasse soit disponible). De plus, la culture de céréales exigeantes chaque année rend l'apport de fumier indispensable, et la fertilisation minérale est recommandée pour produire rapidement une forte biomasse et pour compenser les exportations par les cultures.

Les systèmes à faible niveau d'intrants, alternant un an de production de riz ou maïs et un an de production fourragère/plante de couverture

+ Ces systèmes particulièrement intéressants permettent un excellent contrôle du striga avec des moyens très limités, en ne cultivant qu'une année sur deux et en produisant une forte biomasse l'année suivante. Même si la place disponible est limitée et que le paysan a besoin de produire des grains chaque année, il est préférable de contrôler le striga et de cultiver la moitié de la parcelle avec des rendements élevés. L'autre moitié laissée pour la production de biomasse permettra la culture dans de bonnes conditions la saison suivante. L'utilisation de plantes comme le stylosanthes est particulièrement intéressante, tant pour le contrôle du striga que pour l'amélioration des sols avant une culture exigeante. Le développement du stylosanthes l'année suivante est tel (plus de 15 t/ha de matière sèche) qu'une partie (environ 30 %) de la biomasse produite en fin de saison des pluies peut être utilisée pour alimenter les animaux en saison sèche. Il faut cependant préférer faucher et exporter le fourrage plutôt que de laisser pâturer les animaux, afin de s'assurer qu'une quantité suffisante sera maintenue au sol, pour un bon contrôle du striga.

Maïs + Stylosanthes guianensis // Stylosanthes // Riz + Stylosanthes en rotation

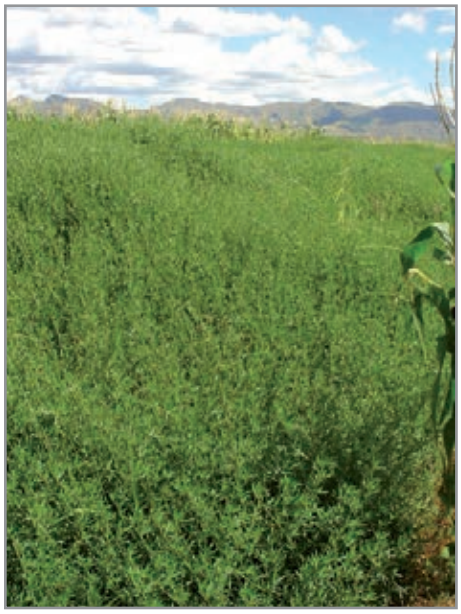
+ L'association Maïs + Stylosanthes en année "zéro" de préparation des SCV permet une bonne implantation du stylosanthes et un bon contrôle du striga. La production de biomasse est cependant généralement insuffisante pour remise en culture en semis direct l'année suivante, et l'association avec du maïs est alors risquée, le stylosanthes étant suffisamment développé pour entraîner une forte compétition avec le maïs. Il est donc préférable de laisser le stylosanthes se développer, produire une forte biomasse dont une partie pourra être utilisée pour l 'alimentation des animaux, contrôler totalement les adventices (dont le striga), et enrichir le sol (en azote et matière organique en particulier). L'année suivante, sur une très forte biomasse de stylosanthes, les rendements en riz sont extrêmement attractifs : près de 3t/ha avec fumier seul (F1 = 5t/ha de fumier), 4 t/ha avec un apport d'engrais minéral (F2: 150 kg/ha NPK, 100 kg/ha d'urée soit 62-33-24 en plus du fumier [8]), et ce avec des temps de travaux très réduits (120 j/ha pour la préparation manuelle d'une très forte biomasse de stylosanthes, soit moins qu'un labour; pas de sarclage pendant deux ans).

Le contrôle du striga par les SCV

L'année suivante, il est possible de cultiver du maïs dans les jeunes pousses de stylosanthes qui se sont développées sous le riz, par ressemis naturel des graines. Le système est ainsi pérennisé, sans qu'il soit nécessaire de ressemer la plante de couverture. Les rendements en maïs sont également très attractifs (4 t/ha les années climatiques difficiles, 6 t/ha les bonnes années pour la fertilisation F2, contre 2,2 t/ha sur labour [8]).



Maïs + Stylosanthes



Très forte production de biomasse par le stylosanthes l'année suivante



Riz sur couverture morte de stylosanthes (Photo : R. Michellon)

Riz + Stylosanthes guianensis // Stylosanthes en rotation

\+ Pour une production de riz tous les deux ans, il est possible après Riz + Stylosanthes de laisser le stylosanthes se développer un an pour l'amélioration du sol, le contrôle total du striga et des adventices et la préparation d'une forte biomasse. L'année suivante, il sera possible de cultiver avec très peu d'intrants du riz. Le système se pérennise, avec une culture de riz tous les deux ans, en alternance avec le stylosanthes dont une partie de la biomasse peut être exportée pour l'alimentation animale.

– Il est cependant recommandé de restituer au sol les éléments exportés par la culture, en particulier le phosphore et ce d'autant plus que les rendements sont élevés.

<u>Les systèmes à base de tubercules ou de légumineuses alimentaires non volubiles associés à une plante fourragère/plante de couverture, avec minimum d'intrants, et permettant la culture de riz ou de maïs après 2 ans d'amélioration du sol</u>

Ces systèmes permettent avec un minimum d'intrants et de travail de contrôler le striga et d'améliorer la fertilité du sol grâce à une plante de couverture implantée dans une culture peu exigeante, laissée en place un an ou deux.

Légumineuse alimentaire non volubile (Soja, Arachide, Pois de terre, etc.) + Stylosanthes guianensis // Stylosanthes // Riz ou Maïs + Stylosanthes

\+ Ces systèmes permettent d'implanter une couverture très intéressante comme le stylosanthes, tout en procurant des revenus très élevés dès l'année "zéro" avec des rendements de plus d'1t/ha pour le soja, et de 1,2 t/ha pour le pois de terre, en moyenne [8].

L'année suivante, la couverture produit une très forte biomasse dont une partie peut être utilisée pour l'alimentation animale, en prenant garde d'en laisser suffisamment sur la parcelle pour conduire une culture de riz dans de bonnes conditions l'année suivante.



Pois de terre + Stylosanthes

Le contrôle du striga par les SCV

Manioc + Stylosanthes guianensis // Manioc + Stylosanthes // Riz ou Maïs + Stylosanthes

\+ De la même manière, l'installation de stylosanthes dans le manioc est une excellente option, qui permet de préparer des parcelles pour la culture de riz ou de maïs dans d'excellentes conditions, avec un minimum d'intrants, tout en fournissant un revenu considérable (jusqu'à 20 t/ha de manioc avec la variété locale Ratsanakoho) et la possibilité d'exporter du fourrage [8].





Manioc + Stylosanthes

Manioc + B. ruziziensis // Manioc + B. ruziziensis // Soja // Riz

\+ L'association Manioc + Brachiaria permet également d'augmenter les rendements du manioc de manière considérable (de deux à trois fois), de contrôler parfaitement le striga et d'améliorer la structure du sol tout en produisant du fourrage. La culture de soja sur couverture de brachiaria permet d'obtenir des revenus intéressants et de préparer la parcelle pour une culture de riz avec un apport limité d'intrants, pour des rendements très intéressants (jusqu'à 4 t/ha).

– La remise en culture sur brachiaria nécessitera cependant l'usage d'herbicide.



Manioc + Brachiaria

En milieu semi-aride

Dans ces milieux où le striga cause de fortes pertes sur les céréales, la culture de riz n'est en général possible qu'avec irrigation (qui permet de contrôler le striga aisément). Seules quelques parcelles à bonne réserve en eau peuvent supporter cette culture, avec un minimum de 600 mm de pluies par an.



Sorgho + Niébé (Sud - Ouest)

Les céréales dominantes sont alors le maïs, le sorgho, et éventuellement le mil, qui sont toutes trois fortement affectées par le striga.

Une contrainte fréquente dans ces milieux est la présence de termites qui "consomment" la biomasse (en particulier les tiges de céréales couchées au sol) et peuvent réduire les intérêts des SCV. Le choix de la plante de couverture à utiliser devra prendre en compte la pression éventuelle des termites, sachant que des plantes comme les brachiarias ne sont pas du tout consommées par ces insectes, alors qu'à l'inverse, l'éleusine est très rapidement consommée.

Enfin, pour les zones d'élevage (fréquent dans ces milieux), où il est difficile de protéger les résidus qui sont fortement pâturés (vaine pâture, élevage itinérant), l'utilisation de plantes comme les crotalaires, pas appétées des animaux (et peu consommées par les termites), ou l'embocagement (fermeture des parcelles par des épineux de préférence) permettent de maintenir la biomasse sur la parcelle.

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés pour un contrôle rapide du striga

Climat semi aride avec très longue saison sèche (> 7 mois)

	Maïs ou sorgho + Lég. alimentaire chaque année	Maïs ou sorgho + Lég. alim. volubile // Coton en rotation	Maïs ou sorgho + B. Ruzi (+ Cajanus) chaque année	Maïs ou sorgho + B. Ruzi (+ Cajanus) // Coton en rotation	Maïs ou sorgho + Eleusine (+Cajanus) chaque année	Maïs ou sorgho + Eleusine (+ Cajanus) // Coton en rotation	Maïs ou sorgho + Crotalaire chaque année	Maïs ou sorgho + Crotalaire // Coton en rotation	Maïs ou sorgho + Crotalaire Maïs ou sorgho + Stylo	Lég. alimentaire non volubile + Stylo // Stylo // Maïs ou sorgho + Stylo	Manioc + Stylo // Manioc + Stylo // Maïs ou sorgho + Stylo
Production de céréales (Maïs, Sorgho, Mil) chaque année	X		X		X		X				
Production de grains, tubercules ou fibres chaque année	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrage									X	X	
Production de céréales après deux ou trois années d'amélioration										X	X
Besoins en fertilisation en année "zéro" (sur sol peu fertile)	■	■	■■	■■	■	■	■	■	■		
Besoins en insecticides (traitement de semences) en année "zéro"	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Besoins en herbicides en année "zéro"	■	■	■			■	■	■	■		■
Besoins en herbicides pour la remise en culture (année 1 ou plus)		■	■	■		■		■			
Contrôle du striga dès l'année "zéro"	●	●	●●	●●			●	●	●	●●	●●
Contrôle du striga les années suivantes	●	●	●●	●●	●	●	●	●	●●	●●	●●
Restructuration du sol / Décompaction	●	●	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●	●
Enrichissement du sol (N, P, Bases, ...)	●	●	●	●	●●	●●	●	●	●●	●●	●●
Contrôle des adventices les saisons suivantes	●	●	●●	●●	●	●	●	●	●●	●●	●●
Réduction des intrants les saisons suivantes	●				●	●	●	●	●●	●●	●
Possibilités d'utilisation en fourrages	–	–		–		–	–	–	●	●	●
Tolérance à la divagation des animaux	–	–					●●	●●	●	●	●

■■ Indispensable
■ Recommandé

●● Très fort
● Fort
Vide : Moyen
– Faible

Le contrôle du striga par les SCV

Systèmes intensifs avec production de grains ou de fibres chaque année

Maïs (ou sorgho) + Légumineuse alimentaire (Dolique, Niébé, Vigna umbellata, Arachide, Pois de terre, Vigna radiata, etc.) chaque année



Maïs + Pois de terre + Arachide

+ Une association de maïs (ou de sorgho) avec une légumineuse alimentaire permet de réduire fortement la pression du striga sur la céréale dès l'année "zéro" (les légumineuses jouant le rôle de plantes "pièges" déclenchant une germination suicide des graines de striga, un apport de paillage renforçant cet effet et permettant un bon contrôle). A la production très intéressante de la céréale (1,3 à 1,6 t/ha de maïs en moyenne sur 10 ans, sans aucune fertilisation, 1, 9 à 2,6 t/ha avec 300 kg/ha de NPK soit 33-30-48 et des rendements pouvant dépasser les 4 t/ha après quelques années en SCV [9]) , s'ajoutent les revenus non négligeables procurés par la légumineuse (500 kg/ha pour arachide et pois de terre sans engrais, 375 kg/ha pour le niébé, etc.)

Maïs (ou sorgho) + Légumineuse alimentaire volubile (Dolique, Niébé, Vigna umbellata) // Cotonnier en rotation



Cotonnier après Maïs + Niébé

+ Lorsque la légumineuse associée à la céréale en année "zéro" permet de produire une très forte biomasse (cas des légumineuses alimentaires volubiles), il est possible d'insérer dans la rotation une culture à plus faible production de biomasse (peu intéressante agronomiquement pour les SCV mais à intérêt économique fort). Ces climats secs permettent en effet une bonne conservation de la biomasse, ce qui rend possible des systèmes à forte production de biomasse une année sur deux. La culture de cotonnier, souvent importante dans ces milieux est ainsi possible, avec une augmentation forte de la production par rapport au système traditionnel (rendements multipliés par 2). Autre avantage, le cotonnier est également une plante "piège" du striga et contribue donc à en réduire la pression. Dans un tel système, les rendements du coton augmentent progressivement avec le nombre d'années de semis direct, passant en 3 ans de 1,5 à plus de 2,7 t/ha avec une fertilisation réduite (75 kg/ha NPK + 37,5 kg/ha urée, soit 25-7,5-12) contre moins de 700 kg/ha en moyenne sur labour, et à plus de 3,4 t/ha avec la fertilisation recommandée dans le Sud - Ouest malgache (50-15-24) [9].

– L'utilisation d'herbicide est cependant souvent utile dans ce type de système, surtout après le cotonnier qui produit peu de biomasse.

Maïs (ou sorgho) + Brachiaria ruziziensis (+ Cajanus cajan) chaque année

+ L'association du brachiaria dans le maïs permet un très bon contrôle du striga dès l'année "zéro", la décompaction des sols et une forte production de biomasse pour préparer le semis direct de l'année suivante.

L'ajout de *Cajanus cajan* (plante "piège") dans l'association renforce l'effet sur le striga et permet de réduire les besoins en azote pour la culture de l'année suivante (apport cependant nécessaire pour réduire le risque de "faim" d'azote lors d'une culture sur un paillage de graminées).

– Cette association nécessite un apport d'engrais et une bonne maîtrise technique pour limiter la compétition du brachiaria sur le maïs, en particulier sur le plan hydrique. Le contrôle du brachiaria pour remise en culture nécessite en général l'emploi d'herbicide (Glyphosate, 1080 g m.a./ha), faute de quoi un important travail de décapage de la graminée sera nécessaire. Cependant, dans certains milieux avec longue saison sèche et taux d'humidité très bas (comme au Nord Cameroun), *Brachiaria ruziziensis* meurt durant la saison sèche, ce qui prépare la couverture végétale pour la saison suivante, sans herbicide ni travail.

Le contrôle du striga par les SCV

Maïs (ou sorgho) + Brachiaria ruziziensis (+ Cajanus cajan) // Cotonnier en rotation

\+ Comme pour l'association avec une légumineuse alimentaire volubile, la forte production de biomasse par le brachiaria et sa bonne conservation (non consommé par les termites) permettent d'insérer du cotonnier dans la rotation, culture d'importance économique et contribuant au contrôle du striga.



Maïs + Eleusine

Maïs (ou sorgho) + Eleusine coracana (+ Cajanus cajan) chaque année

\+ L'utilisation d'éleusine à la place du brachiaria permet de contourner la difficulté d'avoir à utiliser de l'herbicide pour contrôler la couverture et réduit les besoins en azote pour la culture suivante.

– Sa grande sensibilité aux attaques de termites et de criquets limite cependant son usage aux zones où les risques d'attaques d'insectes sont faibles.

Maïs (ou sorgho) + Eleusine coracana (+ Cajanus cajan) // Cotonnier en rotation

\+ Comme pour le brachiaria, la forte biomasse produite par l'éleusine et le cajanus (si elle n'est pas consommée par les animaux) permet d'insérer du cotonnier dans la rotation.

Maïs (ou sorgho) + Crotalaire chaque année

\+ Pour les zones où le maintien d'une couverture végétale est difficile du fait du passage d'animaux (cas fréquent dans ces milieux), l'association du maïs ou du sorgho avec de la crotalaire, qui n'est pas appétée, est une bonne alternative, même si le contrôle du striga en première année est moindre qu'avec d'autres légumineuses. *Crotalaria spectabilis* et *Crotalaria retusa* sont les mieux adaptées à ces situations, et sont peu consommées par les termites ce qui permet de maintenir une couverture végétale en permanence.

Maïs (ou sorgho) + Crotalaire // Cotonnier en rotation

\+ Il est possible d'insérer dans la rotation une culture de rente. Le cotonnier permet l'obtention de revenus intéressants et est également une plante piège pour le striga. Sa production de biomasse relativement faible (inconvénient pour les SCV) est compensée par la forte production de biomasse de la crotalaire l'année précédente et par la bonne conservation de ses résidus.



<u>Systèmes avec production de grains ou tubercules alternée avec la production de fourrages / plantes de couverture</u>

Maïs (ou sorgho) + stylosanthes // Stylosanthes // Maïs (ou sorgho) + stylosanthes

\+ L'association Maïs (ou sorgho) + Stylosanthes en année "zéro" de préparation des SCV permet une bonne implantation du stylosanthes et un bon contrôle du striga. La production de biomasse est cependant généralement insuffisante pour remise en culture en semis direct l'année suivante. Il est donc préférable de laisser le stylosanthes se développer, produire une forte biomasse dont une partie pourra être utilisée pour l 'alimentation des animaux, contrôler totalement les adventices (dont le striga), et enrichir le sol (en azote et matière organique en particulier). L'année suivante, sur une forte biomasse de stylosanthes, le contrôle du striga sera total et les rendements de la céréale seront très intéressants.

– La production de stylosanthes peut cependant être faible dans les climats très secs, à faible taux d'humidité dans l'air. On pourra dans ces situations là laisser le stylosanthes se développer plus d'un an, avec la possibilité de cultiver en année "un" du maïs dans le stylosanthes faiblement développé durant l'année "zéro". Il est également possible dans ces situations de climat très sec de remplacer le *Stylosanthes guianensis* par le *Stylosanthes hamata*, mieux adapté à ces situations.

Le contrôle du striga par les SCV

Légumineuse alimentaire non volubile (Arachide, Pois de terre.) + Stylosanthes // Stylosanthes // Maïs (ou sorgho) + Stylosanthes

\+ Ces systèmes permettent d'implanter une couverture, tout en procurant des revenus considérables dès l'année "zéro". Un simple paillage de la parcelle permet d'augmenter fortement le rendement de la légumineuse alimentaire. L'année suivante, la couverture produit une forte biomasse dont une partie peut être utilisée pour l'alimentation animale, en prenant garde d'en laisser suffisamment sur la parcelle pour conduire une culture de maïs ou de sorgho dans de bonnes conditions l'année suivante.

De la même manière que dans le système précédent, en cas de faible développement du stylosanthes, il est possible de le laisser se développer plus d'un an, et de cultiver du maïs ou du sorgho en association durant l'année "un".

Manioc + Stylosanthes // Manioc + Stylosanthes // Riz ou Maïs + Stylosanthes

De la même manière, l'installation de stylosanthes dans le manioc est une excellente option, qui permet de préparer des parcelles pour la culture de maïs ou de sorgho dans de bonnes conditions, avec un minimum d'intrants.

Le striga, atout pour la diffusion des SCV

Dans le Moyen - Ouest malgache, le striga par son ampleur est un problème majeur et cause l'abandon de nombreuses parcelles, voire la migration de villages entiers. Ainsi, la pression du striga est un "moteur" pour la diffusion des techniques SCV, mises au point entre 2003 et 2006 et qui permettent un contrôle rapide du parasite et la remise en valeur de terres abandonnées. L'intérêt évident et immédiat de ces techniques dans une telle situation font qu'elles sont l'objet d'un angouement certain de la part des paysans.

Dans la région, l'ONG Fafiala conduit la diffusion de ces techniques avec un vif succès. De 10 ha de démonstrations en 2004/05, les surfaces cultivées en SCV ont rapidement augmenté, passant à 50 ha l'année suivante, puis à 265 ha en 2006/07 et 640 ha en 2007/08. Elles devraient dépasser largement les 1000 ha (encadrés par l'opérateur de diffusion) en 2008/09. Il faut rajouter à cela les surfaces non encadrées qui se développent rapidement et pourraient représenter la moitié des surfaces en SCV. Cette diffusion spontanée est rendue possible par la disponibilité des semences de plantes de couvertures et par la démonstration à large échelle de l'efficacité de ces systèmes et de leur robustesse face aux accidents climatiques (sécheresse et cyclone).



Stylosanthes après riz et Crotalaire après maïs
Diffusion rapide dans le Moyen - Ouest

Les résultats [10] montrent un accroissement régulier des bénéfices nets avec le nombre d'années en SCV, et des productions en augmentation pour des coûts en diminution. Les systèmes à base de riz avec des rendements moyens (sur plus de 200 ha) de 3 t/ha permettent de dégager des marges nettes de 300 à 500 euros/ha et ceux à base de maïs (rendements moyens sur plus de 100 ha de 2 t/ha) dégagent un revenu de 100 à 450 euros/ha, sur des terres difficilement cultivables avec les techniques classiques. Les systèmes extensifs, à base de manioc dégagent même des marges supérieures, pouvant atteindre 600 euros/ha avec plus de 7 t/ha en moyenne sans engrais, tout comme ceux à base de pois de terre (rendements moyens de 1,25 t/ha).

Parmi les plantes de couverture proposées, le stylosanthes est sans surprise et de très loin la plus appréciée, représentant près de 80 % des surfaces. Cela s'explique largement par sa facilité d'usage, son excellent contrôle du striga, l'amélioration du sol qu'il permet (azote, bases et structure), et par les possibilités qu'il offre de culture avec un minimum d'intrants et de travail pour des rendements de riz pluvial souvent supérieurs à ceux obtenus en rizières.

En offrant la possibilité de cultiver des terres que le striga a rendues incultivables avec les tech-

Le contrôle du striga par les SCV

niques traditionnelles, les SCV permettent de sortir d'une situation de crise et procurent des revenus très motivants pour les agriculteurs.

Les surfaces disponibles restant importantes (densité de population relativement faible), les agriculteurs s'orientent logiquement vers des systèmes peu intensifs, alternant cultures et plantes de couvertures, peu exigeants en travail et en intrants. L'organisation pour faciliter l'accès au système de crédit rural et aux intrants leur permet de se procurer les quelques intrants qu'ils souhaitent utiliser. Enfin, les semences sont facilement produites sur l'exploitation et leur disponibilité ne pose plus de problème. Ces éléments permettent d'espérer voir se poursuivre et s'amplifier la rapide diffusion des systèmes SCV dans le Moyen - Ouest et d'autres régions de Madagascar. Elle devrait s'accompagner d'une régression du striga à large échelle, mais aussi faire bénéficier les agriculteurs des autres intérêts de ces techniques : protection et enrichissement du sol (matière organique en particulier), possibilités d'exportation de fourrages pour l'alimentation animale, réduction des temps de travaux, résistance aux aléas climatiques et donc stabilité des rendements, etc.



Riz après Stylosanthes (Moyen - Ouest)
Contrôle total du striga malgré la forte infestation

Références bibliographiques utilisées

(1) Sallé, G. et Raynal-Roques, A. Le striga. La recherche, N° 206, Vol. 20, janvier 1989, pp 45-52.

(2) Andrianaivo, A.P.; Kachelriess, S; Kroschel, J. et Zehrer, W. 1998 : Biologie et gestion du Striga à Madagascar, FOFIFA, DPV, GTZ, 65 p.

(3) Site Internet de l'université de Hohenheim: "Biology and Control of Parasitic Weeds": https://www.uni-hohenheim.de/www380/380b/science/supraregional/CourseHH.htm

(4) Dembélé, B.; Raynal-Roques, A.; Sallé, G. et Tuquet, C. 1994. Plantes parasites des cultures et des essences forestières au Sahel. Institut du Sahel. John Libbey Eurotext, Rome, Italie. ISBN 2-7420-0048-8. 43 p.

(5) Ndung'u, D.K.; Oswald, A.; Friesen, D.; Ariga, E.S. and Mburu, M. 2000. Effect of fodder legumes on stimulation, attachment and emergence of *Striga hermontica* on maize. III International weed control congress, Foz do Igassu, 6-11 June 2000.

http://www.fao.org/ag/AGp/agpp/IPM/Weeds/weed_man/striga.htm

(6) Charpentier, H. 1999. Cité par Calegari, A., Ashburner, J. 2003. Some experiences with conservation agriculture in Africa. III world Congress on Conservation Agriculture. Nairobi, Kenya, 3-6 Octobre 2005.

http://www.kilimo.go.ke/CONSERVATION%20AGRICULTURE/Theme_01_05.htm

(7) Ratnadass, A.; Andrianaivo A.P.; Michellon R.; Moussa N.; Randriamanantsoa R.; Séguy L. 2005 : "Impact of direct seeding mulch based, conservation agriculture (DMC) rainfed rice-based system on soil pest and Striga infestation and damage in Madagascar". III world Congress on Conservation Agriculture. Nairobi, Kenya, 3-6 Octobre 2005.

(8) Michellon, R.; Razanamparany, C.; Moussa, N.; Rakotovazaha, L.; Fara Hanitriniaina, J.C.; Randrianaivo, S.; Rakotoniaina, F.; Rakotoarimanana, R. 2007 : Projet d'appui à la diffusion agro-écologiques à Madagascar. Volet dispositif d'appui technique et formation. Rapport de campagne 2005 – 2006 Haute Terres et Moyen Ouest. TAFA, Antsirabe. 164 p.

(9) TAFA, 2006. Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar. Volet dispositif d'appui technique. Rapport de campagne 2005/06. Tulear.TAFA, Antsirabe. 71 p.

(10) Fafiala, 2008 : Rapport trimestriel relatif à la diffusion des SCV dans le moyen-ouest du vakinankaratra.Mai à juillet 2008 Terroirs de Vinany et d'Ankazomiriotra, Fafiala, Antananarivo, 63 p.



Le contrôle du striga par les SCV

En résumé

Le striga

✓ Peste végétale, parasite des céréales (riz, maïs, etc.)

✓ Adapté aux climats chauds et secs, favorisé par les sols pauvres, érodés, à faible teneur en matière organique et azote

✓ Très forts dégâts dans les zones infestées (jusqu'à 100%) sur les sols très dégradés

✓ Multiplication rapide par une multitude de minuscules graines, facilement transportées

✓ Moyens de lutte classiques peu efficaces et/ou difficiles à mettre en oeuvre



Striga asiatica, parasite des céréales

Le contrôle du striga par les SCV

✓ Culture en associations de plantes pièges qui déclenchent la germination des graines de striga mais ne sont pas parasitées

✓ Création de conditions peu favorables à sa germination (baisse de la température au sol)

✓ Enrichissement du sol (matière organique, azote) par les plantes de couvertures

✓ Création de conditions (humidité, température, nourriture) favorables au développement de parasites du striga (insectes, champignons)

Des systèmes performants, attractifs et rentables dès la première année

Les systèmes SCV les plus intéressants en zones infestées de striga

✓ Systèmes à base de stylosanthes : excellent contrôle du striga et des autres adventices, enrichissement du sol, permettant des cultures avec un minimum d'intrants et de travail

✓ Systèmes associant maïs ou sorgho avec une légumineuse alimentaire volubile (Dolique, niébé, *Vigna umbellata*), pour un bon contrôle du striga, une forte production de biomasse et la production de grains de légumineuse en plus de la céréale



Maïs + Stylosanthes guianensis

✓ Systèmes associant maïs ou sorgho à du *Brachiaria ruziziensis* (et du *Cajanus cajan*), pour un contrôle rapide du striga, la production d'une forte biomasse utilisable partiellement en fourrage et l'amélioration de la structure des sols, mais nécessitant en général herbicide et engrais

✓ Systèmes sur couverture vive : riz ou maïs sur arachide pérenne, pour un très bon contrôle du striga, mais nécessitant l'emploi d'herbicide (à faible dose) pour le contrôle de la couverture et exigeant une bonne maîtrise technique

✓ Systèmes sans intrants, associant une plante peu exigeante (manioc, pois de terre, etc.) à du *Stylosanthes guianensis* pour préparer une culture de céréales dans de bonnes conditions

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Dessins: RAMAFA Impression: NIAG



Maïs ou sorgho associé à une légumineuse alimentaire volubile

(Dolique, Niébé ou *Vigna umbellata*)

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER,
Célestin RAZANAMPARANY, Narcisse MOUSSA, Roger MICHELLON,
Krishna NAUDIN, Hubert RAZAFINTSALAMA, Christian RAKOTOARINIVO,
RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Novembre 2010

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri
Ministère de l'Agriculture

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

1. Où recommander ces associations

1.1. Zone climatique



Les systèmes à base de maïs (*Zea mays*) sont très bien adaptés au climat de moyenne altitude (600-1100 mètres d'altitude) avec longue saison sèche (6 à 7 mois). Ils sont particulièrement recommandés au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest.

Ils sont assez bien adaptés au climat semi-aride du Sud-Ouest et même dans le Grand-Sud, en particulier ceux à base de sorgho (*Sorghum bicolor*).

Ils sont possibles avec le niébé (*Vigna unguiculata*) dans le Sud-Est (climat tropical humide).

Niébé : *Voanemba*

Dolique : *Antaka*

V. umbellata : *Tsiasisa*

Dans toutes ces zones, la variété de niébé à utiliser peut être une variété de cycle long ou de cycle court.

La dolique (*Dolichos lablab* ou *Lablab purpureus*) et le *Vigna umbellata* se développent très mal au dessus de 1 200 m. Sur les Hautes terres (climat sub-tempéré d'altitude), seul le système Maïs + niébé (de cycle court) est possible et recommandé, mais uniquement en dessous de 1 500 m d'altitude.

Les systèmes à base de sorgho sont recommandés dans le Sud-Ouest (climat semi-aride) et dans le Grand-Sud principalement. Ils sont possibles et performants au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest, mais cette culture y est peu appréciée.

1.2. Situation (sol et régime hydrique)

Où les recommander

Ces systèmes sont à recommander de préférence sur sols relativement riches. L'apport d'engrais est indispensable sur sol pauvre, ce qui baisse fortement la rentabilité du système et en accroît le risque.

Où ne pas les cultiver

- Eviter les sols hydromorphes et les parcelles inondables pendant le cycle de culture.
- Ne pas cultiver du *Vigna umbellata* sur sol nu sur les sols ferrugineux du Sud-Ouest et les sols battants (possible uniquement avec paillage).

1.3. Unités agronomiques

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest)

Climat de moyenne altitude < 1100 m.

Sols moyennement riches de *tanety*, sols exondés dans la plaine, bourrelets de berge et *baiboho*



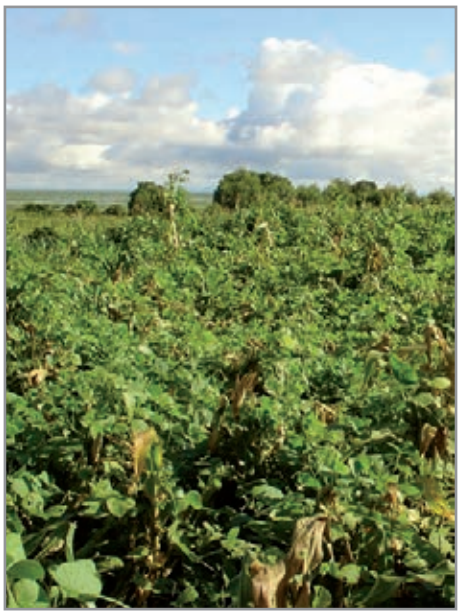
Sols pauvres de *tanety* après enrichissement et sols compactés après décompaction



Dans cette zone, ces systèmes sont fortement recommandés sur sols moyennement riches de *tanety* non compactés et sur sols exondés dans la plaine, bourrelets de berge et *baiboho* (fertilisation ou écobuage recommandés mais non indispensables).

En deuxième année, ils sont recommandés sur sols décompactés (sols anciennement compactés, après décompaction par du brachiaria par exemple) et/ou sur sols pauvres de *tanety* après enrichissement du sol par une légumineuse (comme le stylosanthes). Dans ces deux cas, la fertilisation de la culture de maïs est nécessaire.

On peut également proposer ce système sur des parcelles de deuxième année, après une légumineuse (niébé, etc.) en semis direct sur couverture morte de graminée vivace (comme le *Cynodon dactylon*).
La fertilisation est alors recommandée.



Dolique après récolte du maïs
Lac Alaotra

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Climat semi-aride

Sols ferrugineux tropicaux moyennement riches à caractère vertique

Sols ferrugineux tropicaux non compactés



Sorgho



Maïs



après forêt



après graminées

Climat semi-aride (Sud-Ouest et Grand-Sud)

En climat semi-aride, les systèmes avec dolique et niébé sont recommandés :



Sorgho + Vigna umbellata *sur sables roux, Morondava*

- sur sols ferrugineux tropicaux moyennement riches à caractère vertique (dans les zones basses, sols présentant des fentes de retrait en période sèche dues à la présence d'argiles gonflantes) ;
- sur sols ferrugineux tropicaux non compactés.

Sur des sols déjà cultivés, l'engrais est recommandé pour le sorgho, et est nécessaire pour le maïs. L'engrais est simplement recommandé pour les deux céréales sur une reprise après défriche de forêt. Il est nécessaire pour les deux céréales pour une reprise de jachère à graminées pérennes (azote indispensable pour éviter un blocage au démarrage des cultures).

Les systèmes avec *Vigna umbellata* ne sont recommandés qu'à partir du moment où un paillage est disponible : soit en deuxième année après préparation de la biomasse, soit sur reprise de jachère à graminée pérenne bien développée (*Andropogon sp., Hypparhenia sp., Cynodon dactylon*, etc.), soit avec apport extérieur de paille.

Climat tropical humide

Sols moyennement riches de *tanety*, non hydromorphes



après caféière



autres situations

Climat tropical humide (Sud-Est)

En climat tropical humide (Sud-Est), seul le système Maïs + niébé (cycle long) est recommandé (les autres légumineuses volubiles supportant mal les conditions très humides), en succession du riz pluvial, sur les sols de *tanety* moyennement riches non hydromorphes (sur basalte). La fertilisation est nécessaire dans la plupart des situations, mis à part pour une reprise de caféière riche (où elle est tout de même recommandée).

Climat sub-tropical d'altitude

Sols de *tanety* moyennement riches, non compactés, bourrelets de berges et *baiboho*



Sols riches de *tanety* non compactés sur volcanisme récent (sans culture de contre-saison)



Climat sub-tropical d'altitude (Hautes terres)

Sur les Hautes terres, le système Maïs + niébé (cycle court) est recommandé sur les sols de *tanety* moyennement riches non compactés, sur les bourrelets de berges et les *baiboho*, et sur les rizières exondées, à condition d'éviter les parcelles à risque d'engorgement durant la période de culture. La fertilisation (ou l'écobuage) est nécessaire dans toutes ces situations.



Maïs + niébé, Hautes terres

Sur les sols dégradés, la fertilisation du maïs est généralement peu rentable. Pour éviter ces sols à très faible fertilité, ne proposer ce système que sur les parcelles où les paysans ont l'habitude de planter du maïs avec un rendement acceptable.

L'association Maïs + niébé (cycle court) est également possible sur sols riches de *tanety* non compactés (sur volcanisme récent), avec de très bons rendements (fertilisation recommandée). Cependant, la longueur du cycle du niébé (au contraire du haricot) ne permet pas d'implanter de culture de contre-saison qui procure des revenus très intéressants (pomme de terre, orge, etc.), comme cela se fait traditionnellement sur ces sols.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

2. Pourquoi recommander ces associations

2.1. Intérêts agronomiques de l'association

Ces systèmes présentent de nombreux intérêts :



• production d'une forte biomasse aérienne et racinaire (y compris pendant la saison sèche) ;

• couverture rapide du sol : contrôle des adventices (en particulier du *Striga asiatica* dans le Moyen-Ouest et le Sud-Ouest) et de l'érosion ;

• bonne couverture végétale, qui permet très souvent une mise en culture l'année suivante sans utilisation d'herbicide dans la plupart des régions (mis à part dans les climats semi-arides où l'obtention d'une biomasse suffisante est parfois difficile) ;



• facilité de mise en œuvre et de reprise pour la culture suivante (deux plantes annuelles qui meurent en saison sèche) ;

• bonne restructuration du sol ;



• apport d'azote par la légumineuse ;

• dégradation rapide du mulch de légumineuse et lente de la graminée : pas de blocage d'azote et alimentation continue de la culture suivante en éléments minéraux ;

• remobilisation des éléments minéraux par la légumineuse à cycle long en saison sèche ;

• bon précédent, pour la culture du riz pluvial ou du cotonnier ;

• réduction des risques en cas de conditions climatiques difficiles ou d'attaques d'insectes (sensibilité différente des deux plantes à ces stress).

2.2. Rentabilité économique



• production de deux cultures la même année sans affecter le rendement du maïs, ce qui rend ces systèmes très intéressants économiquement parlant, en particulier sur les sols riches où l'engrais n'est pas indispensable ;



• gains considérables sur les coûts de main d'œuvre dès l'année suivante (préparation de la parcelle sans labour et forte réduction des temps de désherbage grâce à la forte biomasse qui contrôle les adventices) ;

• limitation du risque de perte totale de la récolte grâce à l'association de deux cultures, ce qui est particulièrement intéressant dans les zones où des attaques de criquets peuvent arriver, la légumineuse assurant une production.



Production de Vigna umbellata *après destruction totale du maïs par les criquets Sud - Ouest*

2.3. Place dans les systèmes de culture et cultures possibles après ces associations

Ces associations peuvent être installées après n'importe quelle culture en semis direct ou en année «zéro» après labour. Grâce à la forte production de biomasse, l'association d'une céréale et d'une légumineuse (fixatrice d'azote), ces associations permettent un enrichissement et la restructuration du sol. Elles sont excellentes pour amorcer la "pompe" du semis direct et sont en particulier de très bons précédents pour les cultures de riz pluvial et de cotonnier. Elles peuvent également se répéter d'année en année (l'association rompant la monoculture). Il est d'ailleurs très intéressant de conduire ce type d'association deux fois de suite pour installer des systèmes en semis direct dans des conditions optimales. Il faut toutefois alterner la légumineuse associée pour éviter le développement de maladies, en particulier pour le niébé qui peut être fortement attaqué (lac Alaotra). Il faut également éviter de cultiver le maïs sur un paillage de sorgho, surtout si la production de la légumineuse a été faible.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

3. Exigences et contraintes de ces associations

Les contraintes de ces associations sont relativement faibles :

- le traitement insecticide est indispensable sur la légumineuse pour obtenir une production de grains (on peut par contre s'en passer si on cultive la légumineuse uniquement pour la biomasse) ;
- la fertilisation est indispensable sur sols pauvres (et la rentabilité aléatoire dans ces conditions) ;
- il est nécessaire de bien maîtriser l'itinéraire technique pour éviter la compétition entre plantes (en particulier durant les premiers mois de culture) : risque d'étouffement de la céréale par la légumineuse volubile si elle n'est pas maîtrisée ou que la céréale se développe mal (fertilité trop faible), risque de faible développement de la légumineuse si elle est trop rapidement dominée par la céréale, etc. ;
- le temps de travail est important pour la récolte de la légumineuse (en particulier pour le *Vigna umbellata* si on le récolte gousse par gousse) et pour celle de la céréale si la légumineuse s'est fortement développée et rend difficile l'accès aux épis ;
- la présence d'une légumineuse en végétation en saison sèche peut attirer les animaux qui, si la parcelle n'est pas protégée, risquent d'enlever toute la biomasse aérienne. On se retrouve alors avec une faible biomasse résiduelle au moment du semis, ce qui compromet la remise en culture en SCV l'année suivante ;
- la décomposition relativement rapide d'une partie importante de la biomasse (la légumineuse), en particulier en climat chaud et humide, peut conduire à une maîtrise limitée des adventices dans la culture suivante si celle-ci ne couvre pas rapidement le sol.



Dolique fortement développée avant récolte du maïs (ne nuit pas au rendement à ce stade de développement mais augmente le temps de récolte du maïs)

4. Risques d'échec et alternatives

Cette association est relativement simple à mettre en place et les risques d'échecs sont limités quand elle est bien conduite. Les risques principaux sont liés aux vols (contrainte qui n'est pas propre à ces associations) et aux aléas climatiques. Les risques de sécheresse sont relativement limités par l'enracinement profond en SCV. La bonne porosité des sols sous SCV réduit également le risque d'engorgement prolongé. Le principal risque climatique se limite à un passage de cyclone avec pluies et vents forts, à une période très défavorable (floraison).

En cas de production de biomasse insuffisante, la remise en culture la saison suivante peut se faire en reconduisant cette association qui tolère un relatif manque de biomasse (en particulier pour le contrôle des adventices) ou en concentrant la biomasse disponible sur une partie de la parcelle (le reste de la parcelle étant reconduit en culture après labour pour préparer le semis direct). Concernant la conduite, la principale difficulté réside dans la gestion de l'association, avec en particulier un risque que la légumineuse associée entre en compétition avec la céréale. Ce risque se gère avant tout lors du semis. Il est aussi possible de rattraper des erreurs à ce niveau par un contrôle en végétation de la légumineuse (action mécanique de préférence).

5. Comment choisir la céréale

Le maïs a en général la préférence des paysans et offre de meilleures opportunités de commercialisation. Le sorgho a cependant des intérêts marqués : sa moindre exigence sur le plan de la fertilité, ses plus faibles besoins en eau et sa meilleure résistance à la sécheresse. Dans des conditions climatiques limitées en eau, avec risque de sécheresse important, le sorgho réduit ainsi le risque de faible production. La biomasse produite est en général supérieure à celle du maïs, et elle se décompose moins vite. Enfin son aptitude à contrôler les adventices par effets allélopathiques peut être très intéressante dans certaines situations (infestation par *Cyperus rotundus* en particulier).

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



Vigna umbellata *après récolte du maïs Moyen-Ouest*

6. Comment choisir la plante associée

Ces trois légumineuses (dolique, niébé et *Vigna umbellata*) ont des caractéristiques proches. Le choix par le paysan s'effectue principalement en fonction de ses préférences alimentaires et des possibilités de commercialisation (prix et débouchés).

Quelques autres critères sont aussi à prendre en compte :

- le niébé supporte le mieux des conditions de forte humidité ;
- la dolique est la mieux adaptée à la sécheresse grâce à la puissance de son système racinaire, alors que le *Vigna umbellata* supporte très mal une forte sécheresse de fin de saison des pluies sur colline ;
- sur *baiboho*, la dolique qui reste verte très longtemps en saison sèche assure la plus forte production de biomasse (intérêt pour la maîtrise de l'enherbement sur la culture suivante) ;
- le *Vigna umbellata* demande un temps de récolte supérieur aux deux autres mais procure souvent un meilleur revenu ;
- le *Vigna umbellata* ne pousse pas sur sol battant nu (par contre le paillage permet sa culture sur des sols de ce type) ;
- le *Vigna umbellata* demande en général moins de traitements insecticides que la dolique ou le niébé pour assurer une production de grain ;
- le niébé est plus sensible que les autres à des maladies (bactériose), surtout s'il est souvent répété dans les systèmes, et en particulier au lac Alaotra ;
- les tiges de la dolique, ligneuses, se décomposent moins vite que celles du niébé ou du *Vigna umbellata*, ce qui permet de maintenir une biomasse importante sur le sol plus longtemps.

Alternative

Il est également possible d'utiliser comme légumineuse la mucuna *(Mucuna pruriens* var. *utilis)* qui a un fort pouvoir de fixation d'azote, mais demande des sols relativement riches, non compactés et qui a les inconvénients de produire une biomasse qui se décompose rapidement et surtout de ne pas produire de grains comestibles. Les graines, après cuisson, peuvent cependant être utilisées pour l'alimentation des porcs.

Il est aussi possible et très intéressant d'associer deux de ces légumineuses à une céréale, comme dans les système Maïs + niébé + dolique développé par les paysans au lac Alaotra, qui permet en particulier de limiter les risques en cas de maladie sur une des légumineuses.

7. Les itinéraires techniques

7.1. La préparation de la parcelle



La préparation de la parcelle est avant tout fonction de son état initial (compaction, battance, végétation en place, etc.). Elle s'effectue comme présenté dans le Volume II. Chapitre 2 de ce manuel («Le choix des itinéraires techniques»), soit avec travail du sol (année «zéro» de préparation des SCV), soit après préparation d'une couverture végétale morte (systèmes installés en semis direct sur couverture végétale permanente).

Dans tous les cas, la parcelle doit être maintenue plane, sans buttage (qui n'est pas nécessaire et qui gêne la mise en place en semis direct l'année suivante).

7.2. Le semis

Date de semis et variété

- ***Le Maïs***

- Variété

Pour les zones où ces associations sont les plus recommandées (moyenne altitude et climat semi-aride), 6 variétés intéressantes sont disponibles. Elles sont toutes de couleur jaune-orange

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

et dans ces milieux, elles ont toutes un cycle de 120 jours environ du semis à la maturité :

* IRAT 200 est une vieille variété appréciée pour sa rusticité, également recommandée pour un climat tropical humide (Sud-Est) ;

* IRAT 340 est résistant à la sécheresse et donc intéressant pour les zones semi-arides, mais est sensible à la virose (Yellow Strike Virus) ;

* CIRAD 412 a des caractéristiques très proches de l'IRAT 340 et a l'avantage d'être résistant à cette virose ;

* OC 202 est lui aussi intéressant pour sa résistance à la sécheresse ;

* EMGOPA 501 est intéressant pour une agriculture intensive, avec fertilisation (haut rendement potentiel) ;

* BR 106 est intéressant à moyenne altitude.



Maïs (CIRAD 412) + niébé avec semis précoce (photo : Rakotondramanana)

- Date de semis

Dans un **climat semi-aride** (Sud-Ouest) :

* sur *tanety*, il faut semer dès que possible. Les risques d'échec de la culture augmentent fortement avec un semis après le mois de décembre. Un semis à sec avant les premières pluies est possible, avec le risque cependant d'une levée irrégulière.

* sur rizières en contre-saison, il faut également semer dès que possible après la récolte du riz, sur sol ressuyé.

En **moyenne altitude**, avec longue saison sèche (Lac Alaotra ou Moyen Ouest), le maïs doit être semé dès les premières pluies utiles sur un sol suffisamment humide pour assurer les besoins en eau de la plante les deux ou trois premières semaines.

Sur *baiboho*, il est possible de semer tôt (humectation rapide du sol) mais il existe un risque d'engorgement en cas de semis tardif. Il faut donc éviter de semer après le 15 janvier.

Sur collines, au Lac Alaotra, les rendements chutent rapidement pour des semis effectués après fin décembre et il faut impérativement semer avant le 5-10 janvier. Dans le Moyen-Ouest, les semis doivent se faire plus tôt, les risques de sécheresse en fin de cycle devenant trop importants pour des semis après fin décembre.

En **altitude élevée** (Hautes terres) où les conditions de température sont limitantes, la variété la plus utilisée est la variété locale Tombotsoa (cycle de 5 mois environ dans cette écologie). Elle doit être semée dès les premières pluies utiles, et au plus tard le 15 novembre (pour éviter les basses températures en fin de cycle, en particulier à la floraison).

Dans un **climat tropical humide** (Sud-Est), les contraintes climatiques sont moindres. Il est cependant préférable d'éviter la période cyclonique. Il est donc conseillé de semer le maïs dès la récolte du riz pluvial sur les *tanety*.



Sorgho BF 80 + niébé Sud - Ouest

- ***Le sorgho***

Trois variétés de sorgho sont proposées, à semer comme le maïs le plus tôt possible dans les climats semi-arides :

* BF 80 (= IRAT 376, originaire du Burkina Faso), un sorgho de type Guinea, avec panicule ouverte et grain blanc de qualité, sucré (ce qui en fait une variété très appréciée par les oiseaux !). A noter que cette variété de cycle relativement court (110 jours environ) est photopériodique dans les conditions du Sud-Ouest Malgache.

* IRAT 202 et IRAT 203, variétés aux entre-noeuds resserrés et qui restent donc beaucoup plus courtes que BF 80 (tout en produisant une biomasse importante) et aux panicules

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

fermées. Elles sont également photopériodiques (cycle de 120 jours environ) et ne peuvent être cultivées qu'en saison des pluies. L'IRAT 203 se caractérise par son taux très élevé en protéines (plus de 15%).

• ***La légumineuse associée***

Que ce soit de la dolique, du niébé de cycle long ou du *Vigna umbellata*, la plante associée doit généralement être semée en même temps que le maïs ou le sorgho, surtout dans les milieux avec longue saison sèche (un semis trop tardif ne lui permet pas de s'installer correctement avant la saison sèche). Dans certaines situations (faible fertilité des sols en particulier) il peut parfois être nécessaire de décaler le semis de la légumineuse associée de quelques semaines, en particulier pour le *Vigna umbellata* (mais très rarement pour le niébé ou la dolique qui risqueraient alors de produire très peu). Dans ce cas, il est recommandé de semer en doubles rangs (pour laisser plus de lumière à la plante de couverture). Si la légumineuse associée est de la mucuna, il est en général préférable de décaller le semis de quelques semaines.

Pour la dolique, trois variétés sont diffusées :

* la dolique à graine marron, qui a une première fructification précoce, permet de faire deux à trois récoltes, mais produit une biomasse plus faible que les autres variétés.

* la dolique à graine blanche, qui a une première fructification tardive, ne permet que deux récoltes (première récolte après 145 jours, dernière jusqu'à 205 jours), voire même une seule si le semis n'est pas précoce. Elle produit une forte biomasse et est très appréciée pour ses qualités gustatives.

* la dolique à graine marbrée qui elle aussi produit une forte biomasse et fructifie tardivement (récolte entre 140 et 195 jours). Elle ne produit deux récoltes que si elle est semée tôt.

Quatre variétés de niébé à cycle long sont utilisées :



Niébé "David" à cycle court

* **SPLM 1**, variété volubile au grain rose, avec une première fructification tardive (2 fructifications maximum, première récolte après 115 jours dans les conditions du Lac Alaotra à moyenne altitude) mais une très forte production de biomasse.

* **SPLF 2**, également volubile, au grain blanc, qui a une première fructification plus précoce (ce qui permet jusqu'à trois fructifications, avec récolte à partir de 100 jours à altitude moyenne) mais une biomasse plus faible que SPLM 1.

* une variété **locale de Morondava**, avec des caractéristiques proches de celles de SPLF 2 mais un grain rose ou rouge et une première fructification plus tardive (115 à 120 jours à altitude moyenne).

* **CNC 870-7E**, volubile également, avec un grain rose-marron, une fructification précoce (jusqu'à trois fructifications possibles, première récolte possible après 100 jours à altitude moyenne) et une forte production de biomasse.

Une seule variété à cycle court est utilisée, le **DAVID**, variété érigée aux fleurs violettes, avec un cycle de 4 mois (première récolte à partir de 85 jours à altitude moyenne). Elle très appréciée dans le Sud-Est et c'est la seule variété diffusable sur les Hautes terres, en attendant la multiplication de variétés très intéressantes comme CNC 792-17 E, CNC 796-9 E et CNC 796-10 E en provenance du Brésil.

Une seule variété de *Vigna umbellata* est utilisée pour l'altitude moyenne : *Tsirovoala*, une variété au grain marron-vert, de cycle long, qui produit une forte biomasse mais fructifie tardivement (première récolte après 130 jours au Lac Alaotra) et ne permet que 2 fructifications. Son cycle relativement long fait que cette variété peut avoir des difficultés à finir son cycle en cas d'arrêt précoce des pluies, en particulier si le semis est réalisé tardivement.

Une variété locale de Tulear est proposée pour les climats semi-arides, capable de terminer son cycle (100-120 jours à basse altitude) malgré la très courte saison des pluies.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Des espèces/variétés à fructification précoce permettent d'obtenir plus rapidement des premiers revenus, et une production supérieure en cas de troisième récolte. Par contre, la production de biomasse sur une période plus courte peut réduire la biomasse totale produite, et l'arrêt précoce de la production peut poser un problème si la parcelle n'est pas remise en culture rapidement (décomposition rapide du mulch et risque de mauvais contrôle des adventices pour la culture suivante, surtout en milieu tropical humide).

Comment semer

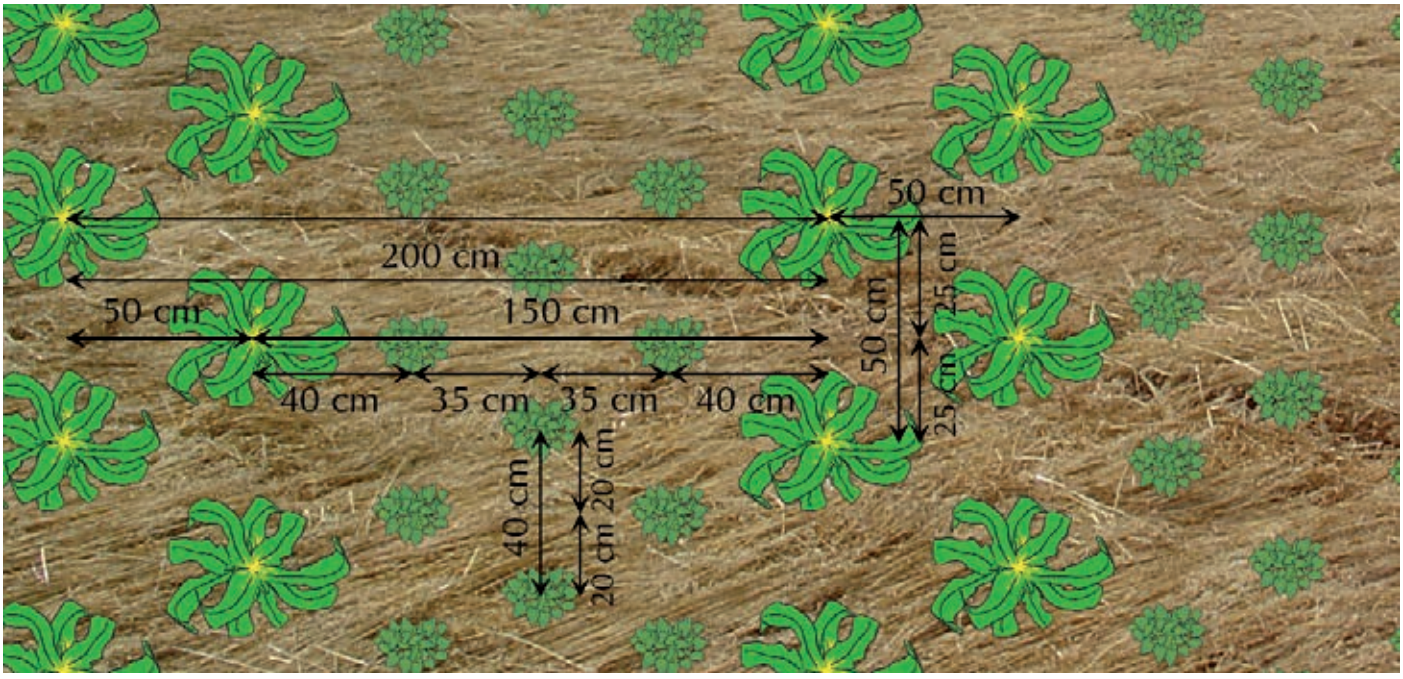
• La densité de semis et l'agencement des plantes dans l'espace

L'association céréale + légumineuse peut se faire selon deux principes : en simples rangs ou en doubles rangs. Le semis en doubles rangs est proposé en priorité car pour un rendement en maïs équivalent, il permet une production en biomasse et en grains de la légumineuse supérieure à celle obtenue en simples rangs. Cependant, l'installation d'une céréale (comme le riz) ou de cotonnier l'année suivante, et surtout la gestion de l'azote pour ces cultures, sont plus difficiles après un maïs + légumineuse en doubles rangs qui induit une hétérogénéité. Il existe un risque important de blocage d'azote sur les anciens doubles rangs de maïs ou de sorgho alors qu'au contraire, l'azote est très disponible sur les anciens rangs de légumineuse. Ce problème ne se pose pas si on répète l'association maïs ou sorgho + légumineuse l'année suivante : il suffit alors de permuter les cultures, en semant la céréale sur les anciens rangs de légumineuse, et inversement, la légumineuse sur les anciens rangs de céréale.

Le semis en simples rangs est légèrement plus facile à installer mais produit une couverture plus faible. Cette couverture est cependant plus homogène, ce qui peut en conséquence faciliter l'installation et la conduite de la culture suivante, en particulier pour du riz ou du cotonnier (pour une nouvelle association maïs ou sorgho + légumineuse, on peut là aussi alterner les lignes de céréales et de légumineuses d'une année sur l'autre).

- Doubles rangs :

Semis du maïs ou du sorgho en poquets sur deux lignes espacées de 0,5 mètre tous les deux mètres (soit 1,5 m. et 0,5 m. en alternance entre deux rangs de maïs), poquets espacés de 0,5 mètre sur la ligne, en quinconce. Semer 2 grains par poquet pour le maïs avec des semences de qualité à taux de germination élevé ; 3 à 4 grains par poquet puis démariage à deux pieds par poquet en cas de doute sur la qualité des semences de maïs. Semer 3 à 4 grains par poquet puis démarier à deux pieds par poquet pour le sorgho.



Espacement et agencement des plantes pour un semis en doubles rangs.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



Sorgho + Vigna umbellata. *Semis en doubles rangs Sud-Ouest*



Maïs + dolique. Semis en doubles rangs Lac Itasy

Semis des légumineuses en poquets (deux grains par poquet pour la dolique ou le niébé, 4 à 5 grains par poquet pour le *Vigna umbellata*) sur trois lignes espacées de 0,35 mètre dans les interlignes du maïs (à 0,4 mètre des lignes de maïs). Poquets espacés de 0,4 mètre sur les lignes, de préférence disposés en quinconce. Il est possible de semer la dolique à une densité plus faible (0,5 m entre les poquets sur la ligne). Dans le cas de l'association maïs + niébé + dolique, au lieu de trois lignes de niébé, installer une ligne de dolique entre deux lignes de niébé, intercalées entre deux doubles rangs de maïs.

La densité de semis du maïs en double rangs est ainsi de 20 000 poquets/ha, soit 40 000 grains par hectare (à 2 grains par poquet, avec des semences de qualité), c'est à dire de 15 à 20 kg/ha suivant le poids des grains.

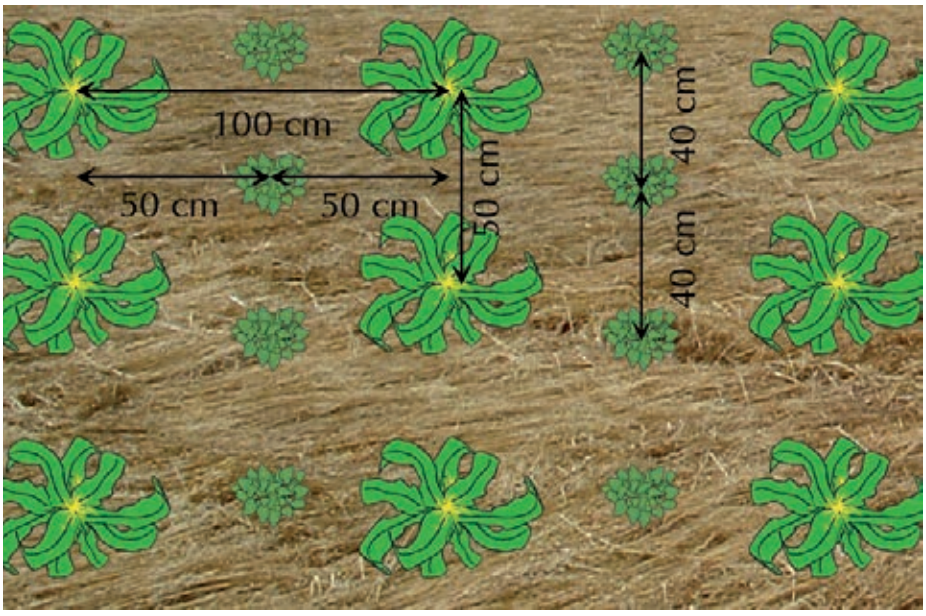
La légumineuse est semée entre les doubles rangs de maïs à 37 500 poquets/ha soit 75 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (environ 10 à 12 kg/ha) et 150 000 à 180 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (8 à 10 kg/ha).

- Simples rangs**:** Semis du maïs ou du sorgho en poquets sur des lignes espacées de 1 mètre, poquets espacés de 0,5 mètre sur la ligne. Semer 2 grains par poquet pour le maïs avec des semences de qualité à taux de germination élevé ; 3 à 4 grains par poquet et prévoir un démariage à deux pieds par poquet en cas de doute sur la qualité des semences de maïs. Semer 3 à 4 grains par poquet puis démarier à deux pieds par poquet pour le sorgho.

Semis des légumineuses en poquets (2 grains par poquet pour la dolique ou le niébé, 4 à 5 grains par poquet pour le *Vigna umbellata*) sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibilité d'augmenter l'espacement à 0,5 m pour la dolique). Dans le cas d'une variété de niébé de cycle court, érigée (qui couvre peu), installer deux lignes de niébé espacées de 30 à 40 cm entre deux rangs de maïs.



Maïs + dolique. Semis en simples rangs Lac Alaotra (Photo : Rakotondramanana)



Espacement et agencement des plantes pour un semis en simples rangs

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

La densité de semis du maïs en simples rangs est la même qu'en doubles rangs : 20 000 poquets/ha, soit 40 000 grains par hectare (à 2 grains par poquet, avec des semences de qualité), c'est à dire de 15 à 20 kg/ha suivant le poids des grains.



Maïs + niébé. Semis en simples rangs Lac Alaotra (Photo : Rakotondramanana)

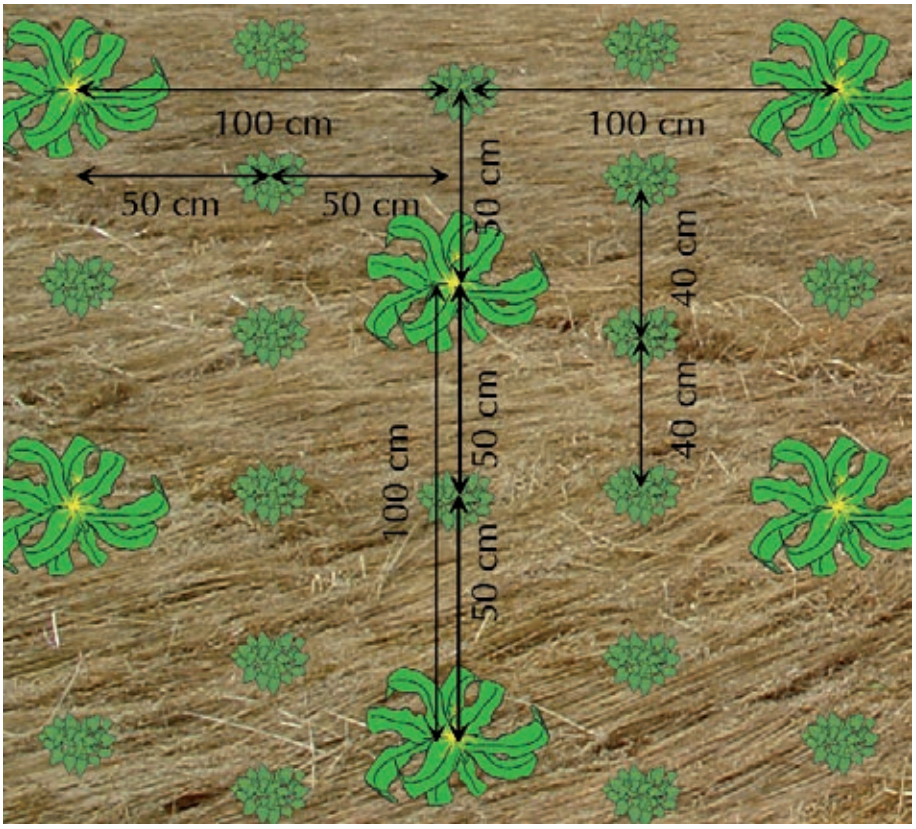
En simples rangs, la légumineuse est semée à 25 000 poquets/ha soit 50 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (7 à 8 kg/ha) et à 100 000 à 125 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (6 à 8 kg/ha).

• **En cas de fertilité faible** (sols pauvres ou dégradés, sans apport d'engrais) ou de **conditions climatiques très limitantes** pour l'eau, il est recommandé de baisser les densités de semis, en particulier pour le maïs. Deux options sont possibles :

* *Ecarter les poquets de maïs sur la ligne :* Sur des lignes espacées de 1 mètre, semer avec 1 mètre entre poquets sur la ligne et 3 à 4 grains par poquets (puis démariage à deux pieds par poquet).

Semer la légumineuse sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibilité d'augmenter l'espacement à 0,5 m. pour la dolique) et intercaler sur les lignes de maïs un poquet de légumineuse entre deux poquets de maïs.

La densité de poquets de maïs est divisée par deux par rapport à la densité "normale" (10 000 poquets/ha ; 20 000 pieds/ha) mais le nombre de grains par poquet étant plus élevé, le nombre de grains semés par hectare est de 30 000 à 40 000, soit 12 à 17 kg/ha.



Espacement et agencement des plantes pour un semis en simples rangs à faible densité

La légumineuse est alors semée plus dense, à 35 000 poquets/ha soit 70 000 grains/ha pour la dolique ou le niébé (10 à 11 kg/ha) et à 140 000 à 175 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (8,5 à 11 kg/ha).

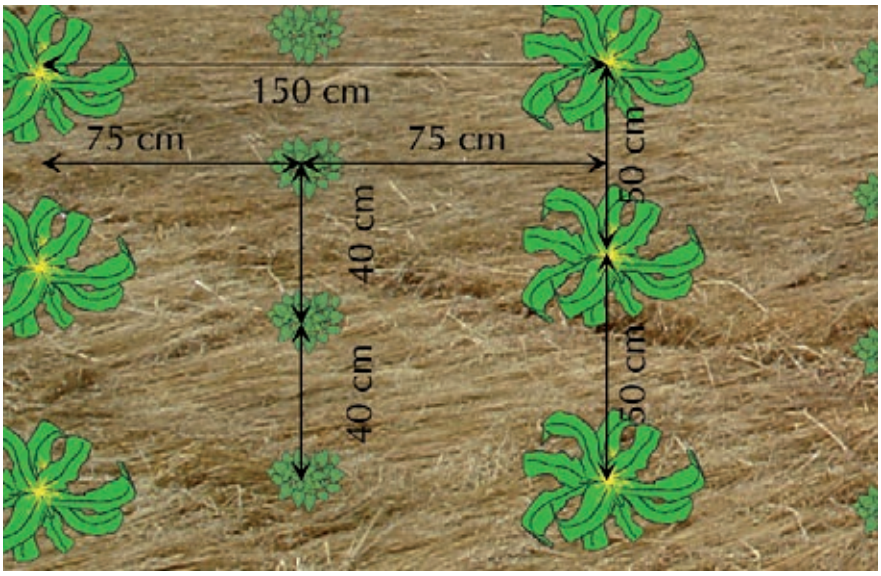
* *Ecarter les lignes :* Sur des lignes espacées de 1,5 mètre, semer avec 0,5 mètre entre poquets sur la ligne et 3 à 4 grains par poquet (puis démariage à deux pieds par poquet).

Semer la légumineuse sur une ligne entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 0,4 mètre sur la ligne (possibi-



Maïs + niébé. Semis en simples rangs à faible densité de maïs Sud - Ouest (Photo : K. Naudin)

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile



lité d'augmenter l'espacement à 0,5 mètre pour la dolique).

La densité de semis du maïs est dans ce cas de 13 300 poquets/ha, soit 26 600 pieds/ha. Le nombre de grains par poquet étant plus élevé, le nombre de grains semés par hectare est de 40 000 à 53 000, soit 17 à 22 kg/ha.

La légumineuse est alors semée elle aussi à une densité plus faible de 16 700 poquets/ha soit 35 000 grains/ha environ pour la dolique ou le niébé (5 à 6 kg/ha) et à 70 000 à 80 000 grains/ha pour le *Vigna umbellata* (4,5 à 5,5 kg/ha).

• Le traitement des semences

En fonction de la pression des insectes, il peut être nécessaire de traiter les semences de maïs ou de sorgho à l'imidaclopride + thirame (produit commercial Insector, beaucoup moins cher que le Gaucho) à la dose de 2,5 à 5 g de produit commercial (soit 0,9 à 1,75 gramme d'imidaclopride) par kilogramme de semences, pour lutter contre les Heteronychus. C'est en général le cas au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest. C'est également le cas dans le Sud-Ouest pour des semis relativement tardifs (alors qu'un semis précoce permet en général de se passer de traitement dans cette zone). Ce traitement est particulièrement recommandé en cas d'apport de fertilisation, pour assurer la rentabilité de l'investissement en engrais.

Le coût du traitement du maïs est d'environ 7 000 Ariary/ha (pour 20 kg/ha de semences), soit l'équivalent de moins de 20 kg de maïs par hectare. Cela correspond à moins de 2% du coût de l'engrais pour une fertilisation moyenne.

Il est également recommandé de traiter les légumineuses avec 1,8 à 4 g de Thirame®/kg de semences (2 à 5 g/kg de Calthir PM par exemple) pour éviter la « fonte des semis » (maladie fongique), et ce d'autant plus que le coût du traitement est très faible : moins de 700 Ariary/ha (pour 10 kg/ha de semences), soit l'équivalent de moins de 2 kg de maïs par hectare.

7.3. La fertilisation

Le maïs est une culture exigeante qui suppose, pour atteindre des rendements corrects et pour produire suffisamment de biomasse pour amorcer la « pompe» des SCV, une fertilisation minérale en supplément ou non de la fumure organique ou de l'écobuage.



Les tableaux suivants donnent les niveaux de fertilisation recommandés par zone et type de sol, avec une estimation des rendements espérés. Ces rendements estimés sont ceux qu'on peut raisonnablement espérer obtenir les premières années de culture. Avec l'amélioration des conditions par des SCV bien conduits, ces rendements augmentent les années suivantes.

Le niveau de fertilisation se raisonne (cf. Volume II Chapitre 2 de ce manuel) en fonction de la fertilité initiale des sols, du précédent cultural (apport d'azote par les légumineuses), de l'objectif de production et du risque (essentiellement climatique, mais aussi les attaques d'insectes, d'oiseaux, les vols, etc.). Le risque de stress hydrique diminue avec les années de semis direct (augmentation de la vitesse d'enracinement et accroissement de la profondeur d'enracinement des cultures, amélioration de la porosité et réduction du ruissellement, et par conséquent augmentation de la réserve utile en eau).

Les niveaux de fertilisation proposés sont ceux nécessaires pour un démarrage des systèmes en SCV et peuvent être progressivement baissés (tout en faisant attention à compenser les exportations par les grains qui augmentent avec l'amélioration des sols et des rendements).

Niveaux de fertilisation recommandés et espérance de rendement pour les systèmes Maïs + légumineuse associée

(dans de bonnes conditions de culture : semis précoce, qualité et traitement des semences, contrôle des adventices, etc.)

Climat de moyenne altitude (600 - 1 100 m.)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier	NPK (au semis)	Urée (au semis)	Urée (Début floraison mâle)	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement (kg/ha)	
			(t/ha)	kg/ha	kg/ha	kg/ha	(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols "moyennement riches" de *tanety* non compactés		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	0	1 000 - 1 500	700
		Moyen	3 - 5	150	0	75	364 500	138	1 215	4 000 - 4 500	1 000
		Fort	3 - 5	300	0	100	664 000	250	2 213	> 5 000	> 1 500
Sols exondés, bourrelets de berge et *baiboho*		Zéro	0	0	0		0	0	0	1 500 - 2 000	700
		Moyen	0	0	50	120	221 000	83	737	4 500 - 5 000	1 000
		Fort	0	300	0	100	664 000	250	2 213	> 6 000	> 2 000
Sols "pauvres" en deuxième année après enrichissement		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	0	300 - 500	300
		Moyen	3 - 5	150	0	75	364 500	138	1 215	2 000 - 3 000	700
		Fort	3 - 5	300	0	100	664 000	250	2 213	3 000 - 4 000	> 1 200

Bases de calcul : Prix relevés au Lac Alaotra en septembre 2010 : Urée : 1 300 Ariary/kg ; NPK (11-22-16) = 1 780 Ariary/kg ; Maïs : 300 Ariary/kg.

Climat sub-tropical d' altitude (> 1200 m.)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier	NPK (au semis)	Urée (Début floraison mâle)	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement (kg/ha)	
			t/ha	kg/ha	kg/ha	(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols «moyennement riches» de *tanety* non compactés, bourrelets de berge et *baiboho*		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	500 - 1 000	200 - 500
		Moyen	3 - 5	150	75	427 500	161	1 070	2 500 - 3 000	500 - 700
		Fort	3 - 5	300	100	760 000	287	1 900	4 000- 5 000	700 - 1 000

Bases de calcul : Prix relevés sur les Hautes terres en septembre 2010 : Urée : 1 900 Ariary/kg ; NPK (11-22-16) = 1 900 Ariary/kg ; Maïs : 400 Ariary/kg.

Les niveaux de fertilisation en gris ne sont pas recommandés car risqués et peu rentables. 1 euro = 2650 Ariary

Climat semi-aride (< 500 m)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier	NPK (au semis)	Urée (Début floraison mâle)	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement en première année (kg/ha)	
			t/ha	kg/ha	kg/ha	(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols ferrugineux tropicaux moyennement riches (vertiques)		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	800 - 1 200	200
		Moyen	3 - 5	100	75	332 500	125	831	2 500 - 3 000	300 - 500
		Fort	3 - 5	200	100	570 000	215	1 425	3 000 - 3 500	500 - 700
Sols ferrugineux tropicaux		Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	500 - 700	0 - 200
		Moyen	3 - 5	100	75	332 500	125	831	2 000 - 2 500	200 - 400
		Fort	3 - 5	200	100	570 000	215	1 425	2 500 - 3 000	400 - 600

Une fertilisation forte n'est pas recommandée dans ces milieux à risques elevés.

Pour le sorgho, les niveaux de fertilisation proposés sont les mêmes, avec une espérance de rendement de 1 500 kg/ha avec une fertilisation moyenne et plus de 2 500 kg/ha pour la fertilisation forte (et 500-800 kg/ha sans engrais).

Climat tropical humide (< 500 m)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Niveau de fertilisation	Fumier	NPK (au semis)	Urée (Début floraison mâle)	Coût de la fertilisation			Espérance de rendement en première année (kg/ha)	
			t/ha	kg/ha	kg/ha	(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg maïs/ha)	Maïs	Légumineuse
Sols moyennement riches de *tanety* non hydromorphes		Zéro	0	0	0	0	0	0	0 - 500	0 - 200
		Moyen	0	150	75	427 500	161	1 070	2 000 - 3 000	400 - 600
		Fort	0	300	100	760 000	287	1 900	3 000 - 3 500	500 - 700

*Les niveaux de fertilisation en gris ne sont pas recommandés.

Bases de calcul: Engrais (urée ou NPK): 1 900 Ariary/kg; Maïs: 300 Ariary/kg. 1Euro = 2650 Ariary

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Ces niveaux correspondent aussi à des niveaux de fertilisation pour un semis effectué dans les temps, avec des semences de qualité, traitées contre les insectes en cas de besoin. En effet, la fertilisation ne peut être rentable qu'avec un bon contrôle des mauvaises herbes et des insectes.

En cas de semis tardif (et ce d'autant plus que l'on se rapproche des dates butoir de semis) les rendements espérés sont plus faibles et les risques d'échec de la culture plus importants. Il est préférable dans ce cas de réduire le niveau de fertilisation, voire de ne pas apporter d'engrais chimique, quitte à changer de culture et de système. Les apports en cours de végétation peuvent et doivent aussi être modulés en fonction de la situation. On peut les augmenter si la culture se déroule bien mais qu'on observe des signes de carence. A l'inverse, si des problèmes particuliers ont limité fortement le potentiel de production (mauvais contrôle des adventices, attaques d'insectes, etc.), il est préférable de réduire la fertilisation en végétation, voire même de la supprimer.

Les exportations par ces systèmes

Ces systèmes exportent en général peu d'azote, la fixation par la légumineuse compensant les exportations par les grains. Cependant, en cas de très forte production de la céréale et/ou faible développement de la légumineuse, un apport d'azote est nécessaire pour compenser les pertes, sachant qu'une tonne de grains de maïs exporte environ 20 kg de N.

Le phosphore et le potasssium exportés doivent être compensés par un apport de fertilisation, à hauteur de 3,5 kg de P et 3,5 kg de K par tonne de maïs (grains) et 5 kg de P et 10 kg de potasse par tonne de la légumineuse (graines).

En cas d'exportation des pailles (pour les animaux), il est nécessaire de compenser également ces pertes, en particulier pour la potasse (plus de 20 kg par tonne de paille de maïs) et l'azote (15 kg par tonne), mais aussi le phosphore (1,5 kg par tonne).

Ainsi, 4 tonnes de maïs (grains) + 1 tonne de dolique exportent environ 150 kg d'azote (dont 100 peuvent être fixés par la légumineuse), 20 kg de P et 25 kg de K, ce qui correspond au final à 200 kg de N-P-K (11-22-16) et 50 à 100 kg d'urée.

Il faut également respecter les périodes d'apport des engrais, faute de quoi le risque d'en voir l'efficacité et la rentabilité baisser fortement est élevé. Les périodes d'application proposées sont celles pour une récolte du maïs en grains secs. Pour une récolte en vert, l'apport de fertilisants à la floraison mâle est trop tardif et doit être soit avancé, soit supprimé.

Sur sols de basse fertilité (sols ferrallitiques relativement dégradés, sols ferrugineux tropicaux, etc.), la rentabilité de l'engrais est plus faible (et le risque d'échec plus élevé) que sur des sols riches, bien structurés (*baiboho*, etc.). Il faut cependant éviter d'y appliquer des doses d'engrais faibles qui ne permettent pas d'augmentation sensible du rendement et sont très mal rentabilisés. Il est préférable de proposer :

- soit de prendre le risque d'apporter une fertilisation forte à ceux qui peuvent se le permettre, en sachant que la rentabilité sera souvent faible mais que l'on préparera ainsi une biomasse suffisante pour cultiver en SCV dans de bonnes conditions l'année suivante,
- soit de remplacer le maïs par une autre culture moins exigeante si on ne veut pas fertiliser : En effet, sans engrais l'espérance de production du maïs est très faible. Dans de telles conditions, cet itinéraire technique valorise mal la journée de travail et ne permet pas la production d'une biomasse suffisante pour cultiver en SCV l'année suivante.



Effet de la fertilisation sur sol pauvre
Premier plan : sans engrais
Second plan : fertilisation moyenne

Dans tous les cas, sur paillage de graminées, un apport d'azote est obligatoire. Il faut compléter la fertilisation pour avoir au minimum 50 unités d'azote au semis et surveiller très précautionneusement toute apparition éventuelle de symptômes de carence en azote après 15 - 20 jours (faire un apport supplémentaire si nécessaire).

Enfin, il est préférable d'apporter la fertilisation N-P-K en plein sur la parcelle (et non pas localisée sur la céréale) afin d'en faire bénéficier également la légumineuse (par contre l'urée sera localisée au pied du maïs). La rentabilité de la fertilisation est alors améliorée par les gains de rendements de la légumineuse.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Cependant, en climat semi-aride (Sud- Ouest), où les doses d'engrais proposées sont plus faibles (car le risque climatique y est fort), il peut être préférable de localiser tous les engrais au pied du maïs (ou du sorgho), au détriment toutefois du rendement de la légumineuse.

7.4. La gestion de l'enherbement

• Sur sol avec mulch important, l'utilisation d'herbicide ne se justifie pas et un simple arrachage des quelques adventices est suffisant (5-10 jours de travail/ha).

• sur sol nu (labouré) ou faiblement paillé (peu de résidus) et pour des agriculteurs qui ne disposent pas (ou ne peuvent payer) une main d'œuvre suffisante pour désherber dans les temps leurs parcelles, il peut être intéressant d'appliquer 1 500 g/ha de pendimethaline qui permet de contrôler suffisamment les graminées. Son coût est cependant élevé : environ 90 000 Ariary/ha, soit l'équivalent de 225 à 300 kg/ha de maïs (près de 25 % du coût d'une fertilisation moyenne). Sans application d'herbicide de pré-levée, un sarclage manuel au moins est nécessaire (40 homme-jours/ha). Ce traitement herbicide est sans danger pour la légumineuse cultivée. Il est particulièrement rentable sur les *baiboho* où les adventices sont agressives, et sur les parcelles en semis direct avec un mulch insuffisant (qui demandera un ou deux arrachages des adventices soit 50 à 80 homme-jours/ha de travail).

Produits commerciaux homologués à Madagascar :

Pendimethalin ou Stomp, dosés à 500 g/l, ou Alligator, dosé à 400 g/l de pendimethaline.

7.5. La protection phytosanitaire en végétation

Le niébé, la dolique et le *Vigna umbellata*, pour une production de grains, demandent en général deux traitements insecticides à la cypermethrine (60 à 62,5 g/ha à chaque passage soit 0,25 l/ha pour des produits dosés à 240 ou 250 g/l) pour chaque période de floraison (1 à 3 floraisons par an). La fréquence des passages doit être adaptée à la pression des insectes (présence forte constatée, importance des attaques).



Une possibilité : l'effeuillage du maïs avant récolte pour faciliter les traitements sur la légumineuse

Coût de la cypermethrine : 4 500 Ariary/ha environ pour chaque passage (équivalent à 11 à 15 kg/ha de maïs).

Produits commerciaux homologués à Madagascar : Agrimethrine, Cypercal, Cypvert, Cyrux, Cypermad, Cythrine, Cigogne et Sherpa.

Autres matières actives possibles : deltamethrine ou lambda-cyhalothrine.

Le maïs ne nécessite pas de traitement phytosanitaire particulier en végétation, sauf :

• en cas d'attaque éventuelle par les borers *(Sesamia calamistis* en particulier). Les larves bien à l'abri dans les tiges sont très difficiles à traiter. Par contre, il est intéressant de contrôler les adultes dès leur sortie afin d'éviter une nouvelle infestation. On peut pour cela essayer de faire coïncider le traitement de la légumineuse avec la sortie des adultes.

• dans le cas d'attaques massives d'*Heteronycus sp*. ou de vers blancs de hanneton non contrôlées par le traitement de semences. Dans ce cas, on peut appliquer 6 kg/ha de carbofuran 10 G (produit commercial : Currater ou Furadan), pour un coût de 60 000 Ariary/ha environ (soit l'équivalent de 150 à 200 kg/ha de maïs selon les zones). Ce traitement doit être fait très tôt, avant que les dégâts sur les cutures soient trop importants et doit être limité autant que possible du fait de ses effets nocifs sur la faune du sol. Dans ce but, il est parfois possible de ne traiter que des bandes en bordure des parcelles où les attaques sont fortes (en provenance des parcelles voisines, de la forêt, etc.).

7.6. La récolte

La récolte du maïs se fait épi par épi, soit en vert pour consommation immédiate, soit à la maturité physiologique quand les grains deviennent cassants pour commercialisation ou stockage après séchage.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

Il est recommandé au moment de la récolte de plier les tiges de maïs au niveau de l'épi pour éviter que les plants ne soient couchés sur le sol. Ceci permet une meilleure conservation de la biomasse, en particulier en cas d'attaque par les termites, et la croissance de la légumineuse sur ces "tuteurs naturels".

Les récoltes (1 à 3 récoltes en fonction des espèces et variétés) de la légumineuse se font à maturité physiologique. Pour le *Vigna umbellata* (long à récolter avec ses petites gousses), la dernière récolte peut se faire par fauche et battage et non gousse à gousse comme pour les autres légumineuses.



Maïs + niébé sur baiboho
Lac Alaotra

8. Aspects logistiques de la diffusion de ces associations

La diffusion de ces associations, avec un niveau d'intensification moyen, demande pour 100 ha plus de 20 tonnes d'engrais, 3 tonnes de semences, 200 à 500 litres d'herbicide, etc. Cela suppose une logistique en conséquence. Il faut organiser, avant le début de la saison des pluies, l'approvisionnement et le stockage de ces produits dans les villages concernés.

9. Temps de travaux



Les temps de travaux diminuent d'une année sur l'autre avec le semis direct sur une couverture végétale suffisante. De 110 j/ha (labour à la charrue, avec herbicide) à plus de 230 jours/ha (labour à l'*angady*, sans herbicide) en système sur labour (système traditionnel ou année «zéro» de préparation des SCV), ils atteignent 90 j/ha (avec herbicide) à 125 j/ha (sans utilisation d'herbicide) pour les systèmes de semis direct sur couverture végétale. Cette forte baisse se fait malgré une augmentation du temps de récolte en SCV, lié en particulier à une production supérieure. Cette réduction du temps global de travail est d'autant plus intéressante qu'elle est obtenue sur les périodes très exigeantes de la préparation des sols et des sarclages.

	Labour : Système traditionnel ou année zéro de préparation des SCV (jours/ha)		Semis direct sur couverture végétale (jours/ha)	
Labour	à la charrue : 5 - 10	à l'*angady* : 70 - 80	0	
Hersage/emmotage	20		0	
Application herbicide éventuelle	1 - 2		2	
Semis	45		45	
Sarclages ou arrachages	Avec herbicide 10 - 20	Sans herbicide 30 - 60 jusqu'à 100 jours/ha sur *baiboho*	Avec herbicide 0 - 10	Sans herbicide 20 - 30
Traitements insecticides	7 - 9		8 - 10	
Récolte	25 - 35 (pour 3 000 à 3 500 kg de maïs /ha)		35 -45 (pour 3 500 - 4 500 kg de maïs /ha)	
Total	103 à 291		90 à 130	

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

10. Rentabilité économique

Les performances économiques des associations proposées varient en fonction de l'itinéraire technique (niveau d'engrais en particulier), et des conditions de culture (climat, sols, pression des adventices et des insectes). De plus, les prix respectifs d'achat des intrants et de vente des produits récoltés ont un très fort impact sur la rentabilité des systèmes.

Les performances économiques varient également avec le nombre d'années de cultures en SCV : l'augmentation progressive des rendements et la baisse des temps de travaux permettent en effet d'améliorer d'année en année la rentabilité de ces systèmes. La difficulté est donc de proposer des systèmes qui permettent d'obtenir une rentabilité des investissements (intrants) et une valorisation du travail satisfaisantes dès la première année (qui est souvent une année "zéro" de préparation des SCV).

Sur la base des prix observés en septembre 2010, l'évaluation économique de ces systèmes lors de la première année permet de dégager certains traits communs à toutes les situations et de définir des règles de gestion :

• dans tous les cas, les charges les plus importantes correspondent aux engrais (que ce soit le niveau de fertilisation moyen ou celui élevé) et à la rémunération du travail (location de main d'oeuvre ou valorisation du travail de l'agriculteur et de sa famille au coût d'opportunité du travail). De manière générale, la fertilisation permet d'augmenter fortement la valorisation de la journée de travail des systèmes proposés. Le retour sur investissement du niveau de fertilisation fort est cependant inférieur à celui de la fertilisation moyenne ;

• les traitements insecticides, sauf accident particulier, permettent un contrôle des insectes pour l'équivalent de 25 kg/ha de maïs soit environ 2 % du coût de la fertilisation moyenne recommandée, et 1 % de la fertilisation forte. Pour sécuriser la rentabilité de la fertilisation, il est fortement recommandé d'appliquer ces traitements sur toutes les parcelles fertilisées dès que la pression des insectes peut faire craindre des dégâts. Même en cas d'accident (inefficacité du premier traitement et/ou attaques particulièrement fortes), une protection sanitaire efficace peut être conduite pour l'équivalent de moins de 200 kg/ha de maïs ;



Forte production de maïs associé à la dolique Lac Alaotra

• de même, l'apport de fertilisation (qui augmente souvent la pression des adventices) doit systématiquement s'accompagner d'un contrôle efficace des adventices, faute de quoi la production (et donc la rentabilité des engrais) chute fortement. Ce contrôle est en général manuel (arrachage ou sarclage, 30 à 60 jours/ha soit 300 à 600 kg/ha de maïs si on valorise la journée de travail à un niveau moyen). Sur sols riches où la pression des adventices est forte, l'utilisation de Pendimethaline contre les graminées peut être intéressante malgré son coût élevé (300 kg/ha de maïs), en particulier en cas de manque de main d'oeuvre aux périodes critiques (le désherbage manuel peut demander jusqu'à 100 jours/ha sur *baiboho*). Ces coûts baissent fortement les années suivantes, la couverture végétale permanente réduisant la pression des adventices (à condition d'être suffisante).

La rentabilité des systèmes proposés augmente dès que l'on peut cultiver en semis direct, après préparation d'une biomasse suffisante ou dès la première année si cette biomasse est disponible.

La rentabilité des différents itinéraires techniques décroît avec le niveau de fertilité initial des sols (alors que le risque d'échec augmente) et doit donc être étudiée en fonction des situations :

Sur des **sols moyennement riches de *tanety*, non compactés et sur les *baiboho*** en climat relativement favorable (moyenne altitude), la rentabilité de ces associations est maximale. Le risque d'échec y est faible alors que la fertilisation y est très rentable :

Le niveau de fertilisation moyen pour un investissement total proche de 1 200 kg/ha de maïs permet un gain de rendement espéré de 3 000 kg/ha de maïs (et de 300 kg/ha pour la légumineuse) par rapport au niveau zéro. Le risque est limité au risque climatique (peu élevé sur

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

ces sols si l'on a semé suffisamment tôt). La valorisation de la journée de travail (VJT) est très bonne : plus de 4 fois celle du système traditionnel si on utilise de l'herbicide. Le coût de l'herbicide fait cependant baisser le retour sur investissement, qui reste toutefois très bon.

De même, le niveau de fertilisation fort est très intéressant dans ces milieux et permet un gain de 30 % sur la valorisation du travail par rapport au niveau moyen de fertilisation. Son retour sur investissement est inférieur à celui du niveau moyen de fertilisation, mais il demeure attractif.

A de tels niveaux, ces associations restent rentables dans ces milieux relativement favorables, même en cas d'évolution défavorable des conditions économiques (baisse du prix de vente des produits, hausse des prix des intrants) et environnementales (accident climatique, forte pression des insectes). Ce n'est pas le cas dans des milieux plus pauvres.

Sur sols "pauvres" (climat de moyenne altitude), en deuxième année, la rentabilité économique de ces associations baisse. Elle reste cependant intéressante en SCV (mais pas sur labour), permettant une bonne valorisation du travail (plus de 2,5 fois le coût d'opportunité) et un retour sur investissement intéressant (150 % avec la fertilisation forte).



Maïs + niébé sur baiboho
Lac Alaotra

Sur **sols de *tanety* moyennement riches sur les Hautes terres**, l'association Maïs + niébé avec l'itinéraire technique traditionnel valorise mal la journée de travail et dégage une marge brute très faible. La culture de maïs sur les sols ferrallitiques dégradés n'est pas intéressante et très risquée. Sur les sols les moins dégradés, l'apport de fertilisation permet d'augmenter nettement la marge brute et la valorisation de la journée de travail. Le niveau de fertilisation fort dégage les meilleurs résultats en matière de marges brutes et de valorisation de la journée de travail, avec un retour sur investissement qui reste intéressant (150 %). Mais les risques d'échec sont relativement importants sur labour en année «zéro». Cette association ne doit donc être proposée qu'aux agriculteurs pouvant faire face à ce risque. Le niveau de fertilisation moyen, qui fait prendre un risque moins important, reste intéressant dans les conditions actuelles. Par contre, une fertilisation plus faible (pour réduire l'investissement) risque de ne pas être suffisante pour accroître sensiblement la production. Elle n'est alors pas rentable et doit être évitée. Il faut dans ce cas préférer changer de système et opter pour une culture moins exigeante que le maïs. Dans tous les cas, l'utilisation de Pendimethaline n'est pas intéressante et ne doit pas être recommandée.

Sur **sols ferrugineux tropicaux en zone semi-aride**, le risque d'échec assez élevé baisse avec les techniques SCV, mais reste une contrainte à l'intensification. L'utilisation de Pendimethaline n'est pas intéressante. En technique traditionnelle, la marge brute et la valorisation de la journée de travail sont très faibles sur les sols les moins riches (VJT de 1 000 Ariary/jour). La VJT reste faible même sur les sols les plus riches (1 700 Ariary/jour). L'apport de fertilisation permet de valoriser le travail au dessus du coût d'opportunité et de bien rentabiliser l'investissement (en particulier le niveau moyen de fertilisation). Le risque est cependant non négligeable (accident climatique et dégâts d'insectes à craindre), surtout sur sols pauvres. Là encore, l'intensification doit être raisonnée en fonction des moyens des agriculteurs et des risques qu'ils peuvent supporter. L'avantage d'une fertilisation forte est de permettre la production d'une biomasse importante pour l'entrée dans le semis direct, qui améliore rapidement la valorisation du travail et le retour sur investissement, tout en réduisant les risques climatiques.

Sur **sols "moyennement riches", non hydromorphes, en zone tropicale humide**, l'itinéraire technique traditionnel procure une marge brute très basse et valorise très faiblement le travail. La fertilisation, pour un risque moyen, permet d'accroître la valorisation du travail. Sur labour, seule la fertilisation forte permet d'obtenir une valorisation de la journée de travail au niveau du coût d'opportunité. Le retour sur investissement est cependant moyen. Le semis direct (possible en première année quand la biomasse disponible est suffisante), permet une bonne valorisation de la journée de travail (plus de 5 000 Ariary/jour) et un retour sur investissement assez intéressant, pour un risque d'échec assez faible.

Maïs ou sorgho + légumineuse alimentaire volubile

En résumé

Systèmes très intéressants, permettant une entrée rapide en semis direct sur couverture:

✓ **faciles à mettre en oeuvre;**



✓ **applicables dans de très nombreuses situations (tous les climats de Madagascar);**

✓ **possibles sans engrais sur sols moyennement riches à riches de tanety, sols exondés, bourrelets de berge, baiboho, etc.;**

✓ **risques limités et très bonne rentabilité économique grâce à la production de deux cultures associées;**

✓ **bon contrôle des adventices (dont le striga);**

✓ **remise en culture sans herbicide la saison suivante;**

✓ **forte réduction des besoins en travail la saison suivante;**

✓ **amélioration rapide du sol grâce à une très forte production de biomasse;**

✓ **bonne restructuration du sol;**

✓ **fixation d'azote en quantité;**

✓ **très bon précédent cultural pour le riz ou le cotonnier.**

Mais:

× **peu adapté et risqué sur sols pauvres;**

× **impossible sur sols engorgés ou submergés;**

× **itinéraire technique à respecter pour éviter la compétition entre les plantes;**

× **traitement insecticide nécessaire pour la légumineuse;**

× **temps de travail important pour la récolte.**



Maïs + niébé au Lac Alaotra Rendement élevé grâce à une bonne maîtrise technique (Photo: L. Séguy)

Edition: GSDM/CIRAD Photos et mise en page: Olivier HUSSON Dessins: RAMAFA

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Systèmes de culture à base de *Stylosanthes guianensis*

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON,
Narcisse MOUSSA, Célestin RAZANAMPARANY, Krishna NAUDIN,
Tahina RAHARISON, RAKOTONDRAMANANA, Frank ENJALRIC, Lucien SEGUY

Janvier 2013

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Ministère de l'Agriculture

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

1. Où recommander ces associations

1.1. Zone climatique



Les systèmes qui reposent sur *Stylosanthes guianensis* sont très bien adaptés au climat de moyenne altitude (600-1200 mètres d'altitude) avec longue saison sèche (6 à 7 mois). Ils sont particulièrement recommandés au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest.

Ils sont également très intéressants dans le Sud-Est (climat tropical humide) pour leur forte production de biomasse et le contrôle des adventices.

Ils sont assez bien adaptés au climat semi-aride du Sud-Ouest et de l'Ouest de Madagascar, en particulier ceux à base de sorgho (*Sorghum bicolor*). En revanche, ils sont plus aléatoires dans le Grand-Sud, aride et très venté.

Le développement du stylosanthes est ralenti en altitude par les températures fraîches. Au dessus de 1 200 m, il ne peut être proposé que sur des sols relativement riches, dans des systèmes lui laissant le temps de se développer. Ces systèmes ne sont plus possibles au dessus de 1 500 m d'altitude où le développement du stylosanthes est très lent.

1.2. Situation (sol et régime hydrique)

Où les recommander

Ces systèmes offrent l'avantage de pouvoir être recommandés sur une gamme très large de situations. Le stylosanthes permet de restaurer rapidement la fertilité de sols dégradés, et il est très productif sur sols à fertilité moyenne ou élevée. On peut ainsi recommander des systèmes à base de stylosanthes sur tout type de sol. Il faut cependant adapter le système aux conditions du milieu de manière à permettre un bon développement de cette plante de service multi-fonctionnelle et ainsi lui permettre de remplir les fonctions agronomiques recherchées. Ainsi, sur sol très dégradé, il est préférable de le laisser deux à trois années en jachère améliorée.

Où ne pas les cultiver

Adulte, le stylosanthes tolère engorgement et même submersion pendant plusieurs jours. Il est cependant sensible à la submersion au stade jeune. Il faut donc éviter d'implanter le stylosanthes dans des parcelles qui pourraient être submergées dans les deux mois après son semis.

Tanety : colline
Baiboho : Sol alluvial ou colluvial, riche en limons (termes malgaches)

1.3. Unités agronomiques

Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche (Lac Alaotra et Moyen-Ouest)

Climat de moyenne altitude < 1 200 m.

Sols pauvres de *tanety*

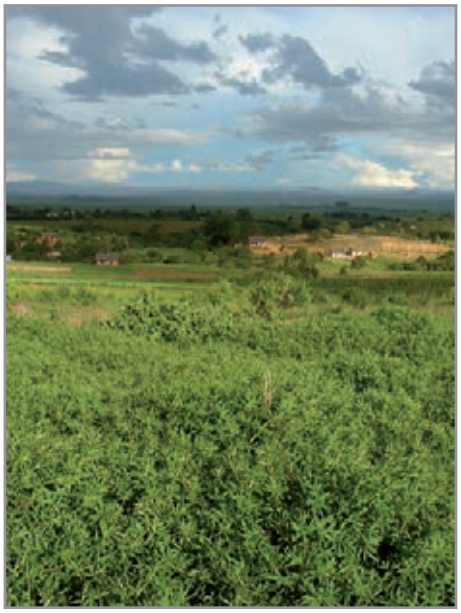
Sols moyennement riches de *tanety*

Sols exondés dans la plaine, bourrelets de berge et *baiboho*

Dans cette zone, ces systèmes sont fortement recommandés sur sols pauvres de *tanety*, sur sols moyennement riches de *tanety* non compactés et sur sols exondés dans la plaine, bourrelets de berge et *baiboho*.

Ils peuvent aussi être recommandés sur sols pauvres de *tanety* compactés, à condition là encore de laisser le stylosanthes suffisamment longtemps pour permettre la décompaction du sol. L'idéal sur cette unité agronomique est d'installer ces systèmes avec stylosanthes après une année ou deux de système à fort pouvoir de décompaction, en particulier des systèmes à base de brachiaria et/ou de cajanus.

On peut également proposer ce système sur des parcelles de semis direct sur couverture morte de graminée vivace (comme le *Cynodon dactylon*) ou après décompaction par du brachiaria.



Stylosanthes au lac Alaotra
Photo :K. Naudin

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Développement rapide du stylosanthes en climat tropical humide (Sud-Est)



Stylosanthes en milieu semi-aride (Grand-Sud)
Photo : Rakotondramanana

Climat tropical humide (Sud-Est)

Climat tropical humide
Sols pauvres hydromorphes
Sols moyennement riches de *tanety*,
Plaines et bas-fonds drainés

En climat tropical humide (Sud-Est), les systèmes à base de stylosanthes sont recommandés sur les sols pauvres de *tanety* hydromorphes, sur les sols moyennement riches de tanety et dans les plaines et bas-fonds drainés (qui ne risquent pas de submersion prolongée après l'installation du stylosanthes).

Le stylosanthes peut aussi être utilisé après défriche de la forêt, pour une défriche sans brûlis (installation de stylosanthes pendant un an après la défriche) ou à défaut pour une protection des sols rapide après l'abattis-brûlis traditionnel.

Climat semi-aride (Sud-Ouest et Ouest)

Climat semi-aride
Sols pauvres à moyennement riches de tanety non compactés
Sols moyennement riches à caractère vertique

En climat semi-aride, les systèmes avec stylosanthes sont recommandés :

- sur sols pauvres à moyennement riches sur les *tanety* (sols ferrugineux tropicaux) non compactés.
- sur sols moyennement riches (sols ferrugineux tropicaux) à caractère vertique dans les zones basses (sols présentant des fentes de retrait en période sèche dues à la présence d'argiles gonflantes) ;

Sur des sols très compactés, le stylosanthes nécessite un temps long pour restaurer le sol, et il est préférable de commencer par des plantes au système racinaire très puissant (Brachiaria + *Cajanus cajan* par exemple). Il est aussi possible d'utiliser une autre espèce de stylosanthes, plus résistante à la sécheresse : *Stylosanthes hamata*.

Dans ces climats très secs, les vents installés sur des périodes prolongées peuvent faire souffrir fortement le stylosanthes, et parfois même le tuer en saison sèche.

Dans tous les milieux, les apports de fertilisation ne sont pas nécessaires pour le stylosanthes, et seuls les besoins de la culture principale sont à prendre en compte. Pour des cultures peu exigeantes comme le manioc ou le pois de terre, ces systèmes sont possibles sans fertilisation. Pour des cultures plus exigeantes comme le riz ou le maïs, un apport d'engrais est recommandé, et parfois même nécessaire sur des sols pauvres. Il est toutefois recommandé sur ces sols de commencer par installer le stylosanthes en association avec une culture peu exigeante, ce qui permet de limiter les risques et l'investissement de départ.



Climat sub-tropical d'altitude (Hautes terres)

Climat sub-tropical d'altitude > 1 200 m
Peu recommandé

Sur les Hautes terres, les systèmes à base de stylosanthes ne peuvent être recommandés que sur des sols à bonne fertilité, ou dans des zones où l'espace disponible permet de laisser le stylosanthes en place pendant plusieurs cycles de production de biomasse. Toutefois, d'autres systèmes peuvent être proposés et l'avantage comparatif des systèmes à base de stylosanthes réside essentiellement dans leur grande facilité de mise en œuvre.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

2. Pourquoi recommander ces associations

2.1. Intérêts agronomiques des systèmes à base de stylosanthes

Ces systèmes présentent de nombreux intérêts :



• enrichissement rapide du sol, par production d'une forte biomasse aérienne et racinaire (y compris pendant la saison sèche), fixation importante d'azote et remobilisation des éléments minéraux par le stylosanthes qui poursuit son cycle très en avant dans la saison sèche ;

• possibilité d'installation sur des sols pauvres ;

• possibilité de conduite de systèmes à minimum d'intrants ;



• dégradation rapide des feuilles et des petites racines de stylosanthes et lente de ses parties ligneuses et de ses grosses racines, ce qui permet une alimentation continue de la culture suivante en éléments minéraux ;



• très bon contrôle des adventices (en particulier du *Striga asiatica* dans le Moyen-Ouest et le Sud-Ouest) et de l'érosion ;

• très bonne couverture végétale, qui permet très souvent une mise en culture l'année suivante sans utilisation d'herbicide dans la plupart des régions (mis à part dans les climats semi-arides où l'obtention d'une biomasse suffisante est parfois difficile) ;



• très bonne couverture du sol une fois installé (protection contre l'érosion) ;

• assez bonne capacité de restructuration du sol ;

• systèmes très ubiquistes, que l'on peut proposer sur une gamme très large de situations, de milieux bio-physiques (tous types de sols ou presque, y compris les sols pauvres, large gamme de climats), et pour une grande diversité d'exploitations ;



• facilité de mise en œuvre et de reprise pour la culture suivante. La production de semences de stylosanthes est aisée. De plus, il se ressème naturellement d'une année sur l'autre si on le laisse grainer. Il peut être contrôlé de diverses manières, y compris sans herbicide, ce qui permet d'adapter le mode de contrôle aux moyens de l'exploitation. Enfin, les systèmes à base de stylosanthes offrent une grande souplesse et des possibilités d'adaptation très intéressantes dans des conditions de culture incertaines ;

• toutes ces qualités font qu'il est très aisé de cultiver dans ces systèmes du riz pluvial ou du cotonnier dans d'excellentes conditions ;



• ces systèmes sont tolérant au feu : le stylosanthes reste vert très longtemps en saison sèche et est parfois même utilisé comme barrière pour limiter la propagation des feux. Si un feu détruit la couverture de stylosanthes (passage de feu en fin de très longue saison sèche ou après préparation de la couverture), le couvert se reconstitue rapidement par reprise rapide des nombreuses graines tombées au sol.



• enfin, le stylosanthes est un excellent fourrage (jeunes feuilles, très riches en azote) ce qui permet une bonne intégration de ces systèmes avec les systèmes d'élevage. De plus, les parties ligneuses du stylosanthes adulte ne sont pas consommées, ce qui fait que le retour de matière organique au sol reste important même en cas de divagation des animaux (seule la divagation au stade jeune peut poser problème). En retour, les animaux peuvent être utilisés pour le contrôle du stylosanthes par piétinage(s) en saison sèche.



Maïs et stylosanthes en association

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

2.2. Rentabilité économique



L'enrichissement rapide du sol et l'augmentation conséquente de la production qui s'en suit, et les possibilités de culture avec un minimum d'intrants font que ces systèmes sont particulièrement rentables.

Par leur capacité à contrôler le striga, ces systèmes permettent la culture de céréales sur des parcelles où les pratiques conventionnelles ne le permettent pas, ce qui est un atout très apprécié des paysans.

De plus, la forte réduction des temps de désherbage grâce à la biomasse qui contrôle les adventices, permet de réduire considérablement les charges liées à cette tâche, et de la réaliser dans des délais permettant de bonnes performances. En fonction du mode de contrôle du stylosanthes, le temps de travail et les coûts pour la préparation des parcelles peuvent être fortement réduits.

2.3. Place dans les systèmes de culture et cultures possibles dans ces systèmes

L'installation du stylosanthes en année «zéro» de préparation des SCV peut se faire en association avec une très grande diversité de cultures. En effet, le stylosanthes peut être associé à toutes les cultures pratiquées à Madagascar. Son démarrage relativement lent limite le risque de compétition avec la culture dans laquelle il est installé.



Installation de stylosanthes dans du manioc au lac Alaotra

Les années suivantes, une couverture morte de stylosanthes est intéressante pour toutes les cultures exigeantes, et en premier lieu les céréales (en particulier riz et maïs) et le cotonnier. En revanche, pour une installation de culture en année un, dans du stylosanthes encore peu développé et maintenu vivant, le risque de compétition par le stylosanthes est élevé et seule une culture comme le maïs, le sorgho ou le manioc doit être proposée, en s'assurant de contrôler suffisamment le stylosanthes avant l'implantation de la culture.

Les légumineuses peuvent éventuellement être installées dans une couverture morte de stylosanthes, mais un tel système est beaucoup moins intéressant, le stylosanthes étant lui-même une légumineuse.

Un des intérêts des systèmes à base de stylosanthes est qu'ils permettent une grande souplesse. Le stylosanthes étant une plante pérenne, il est possible de le laisser en cas de difficulté de mise en culture (accident, manque de moyens, etc.). Le stylosanthes se développe alors et produit une biomasse importante, améliorant la fertilité du sol et relançant les processus biologiques. Le fonctionnement du système sous SCV l'année suivante n'en sera que meilleur (contrairement aux systèmes SCV à base de plantes annuelles, dans lesquels une année sans possibilité de mise en culture compromet le bon fonctionnement en interrompant le cycle d'apports de matière organique et en laissant des parcelles nues).

Certains paysans du Moyen-Ouest, qui possèdent de grandes surfaces en jachère, remplacent même cette jachère naturelle par une «jachère améliorée» de stylosanthes.

3. Exigences et contraintes de ces associations

Les contraintes des systèmes à base de stylosanthes sont très faibles :

- la gestion de systèmes très intensifs avec production de céréale chaque année dans des milieux à longue saison sèche demande un certain savoir-faire et des capacités d'adaptation et de réaction rapide pour éviter toute compétition du stylosanthes envers la culture ;
- le contrôle du stylosanthes sans herbicide ni rouleau représente un temps de travail considérable (mais cependant équivalent à une préparation du sol traditionnelle à l'*angady*, avec l'avantage de pouvoir se faire à une période où la main-d'œuvre est plus disponible) ;

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

• le temps de désherbage en année «zéro» peut être augmenté, du fait de la présence de jeunes plants de stylosanthes dans la culture si leur semis est simultané. Il suffit pour éviter cela d'installer le stylosanthes au moment du premier sarclage ou d'utiliser un herbicide ;

• le contrôle du stylosanthes sans herbicide dans un climat tropical humide toute l'année peut être délicat et nécessiter un travail important ;

• la production de semences de stylosanthes peut parfois nécessiter l'utilisation d'insecticide à la floraison (climat chaud et humide).

4. Risques d'échec et alternatives

Ces systèmes à base de stylosanthes sont parmi les systèmes SCV les plus faciles à mettre en oeuvre et les risques d'échec sont très limités quand ces systèmes sont bien conduits. Le principal risque est lié à une production insuffisante de stylosanthes du fait d'une mauvaise installation (installation trop tardive, semences de mauvaise qualité, etc.) ou d'une destruction du stylosanthes au stade jeune (divagation d'animaux, inondation précoce, etc.).



Repousse de stylosanthes après divagation d'animaux

En cas de production de biomasse insuffisante par le stylosanthes au moment de la remise en culture, l'alternative la plus simple, quand elle est possible, est de laisser la parcelle en stylosanthes («jachère améliorée») en replantant éventuellement les endroits sans stylosanthes. Si une production de grains doit être assurée sur la parcelle en question, la solution la plus intéressante est d'installer du maïs dans le stylosanthes peu dense. Il faut alors être vigilant et veiller à ce que le stylosanthes n'entre pas en concurrence avec le maïs, en particulier en cas de période sèche, et pour cela le contrôler par fauche avant le semis et/ou par la suite, dans la culture si nécessaire.

Les autres risques à craindre sont liés aux vols et aux aléas climatiques. Les risques de sécheresse sont relativement limités par l'enracinement profond en SCV. La bonne porosité des sols sous SCV réduit également le risque d'engorgement prolongé. Le principal risque climatique se limite à un passage de cyclone avec pluies et vents forts, à une période très défavorable (floraison). Ces contraintes ne sont pas propres à ces systèmes, qui au contraire limitent ces risques quand ils sont conduits avec très peu d'intrants. Par contre, il existe un risque de passage de feu de brousse après contrôle du stylosanthes et de destruction de la biomasse sèche qui brûle facilement. Dans ce cas, les semences de stylosanthes lèvent en abondance et il est nécessaire de les contrôler pour éviter une compétition avec la culture.

5. Comment choisir la culture pour l'installation du stylosanthes en année «zéro»



Le stylosanthes, plante pérenne, s'installe plus lentement qu'une plante annuelle ce qui fait que les risques de compétition du stylosanthes implanté avec une culture annuelle sont faibles.

On peut ainsi proposer d'installer le stylosanthes en année «zéro» dans la culture choisie par les paysans, et ainsi s'intégrer autant que possible dans leurs systèmes. De manière générale, le choix de cette culture est lié à la fertilité initiale du sol et aux possibilités de fertilisation.

Sur **sols pauvres**, la solution la plus efficace est d'installer le stylosanthes dans du **manioc** dont le cycle long (12 à 18 mois) permet au stylosanthes de se développer et de produire une forte biomasse avant le cycle de culture suivant. Mais le stylosanthes peut aussi être implanté en association avec les autres cultures généralement cultivées sur ces sols: **pois de terre, arachide, haricot**, etc. Dans ces cultures annuelles à cycle de 4 à 5 mois, la production de biomasse par le stylosanthes avant le cycle de culture suivant dépend essentiellement du climat (durée de la saison des pluies), de sa date d'installation (semis avec la culture ou décalé) et de la fertilité du sol.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

L'installation de stylosanthes dans du riz ou du maïs en année «zéro» de préparation des SCV n'est pas recommandée sur ces sols. Ces cultures nécessitent dans ces conditions un apport de fertilisation et donc un investissement considérable, alors que le risque d'échec est important, et ce d'autant plus que les sols sont compactés. De même, riz, maïs ou sorgho ne doivent pas être installés sur des sols à forte pression de striga qui limite très fortement la production des céréales

Sur **sols moyennement riches ou riches**, les cultures privilégiées par les paysans sont généralement des céréales : **riz**, **maïs** et éventuellement **sorgho** ou **mil** (climats secs où la production de riz ou de maïs est aléatoire). Le stylosanthes peut être installé en association avec toutes ces céréales. Cependant, le riz qui couvre rapidement le sol, fait plus d'ombrage au stylosanthes que les grandes céréales comme le maïs. La production de biomasse par le stylosanthes est très limitée jusqu'à la récolte du riz, alors qu'elle est plus forte sous maïs. Il est toutefois possible de semer le riz en doubles-rangs pour favoriser le développement du stylosanthes qui reçoit ainsi plus de lumière (à densité constante pour le riz). Dans des climats contraignants à saison des pluies courte, l'installation de stylosanthes sous maïs, sorgho ou mil est préférable surtout si on souhaite installer des systèmes sur la couverture de stylosanthes dès la saison suivante.t

Cas particulier des systèmes avec abattis sans brûlis

Dans les systèmes traditionnels de défriche, en particulier sur la côte Est, l'installation d'une plante de couverture comme le stylosanthes est très importante pour préserver la fertilité des sols qui se dégradent rapidement après brûlis. Le stylosanthes peut être introduit dans la culture de riz conduite traditionnellement après abattis-brûlis. Toutefois, la protection du sol sera meilleure en installant le stylosanthes après abattis, directement dans la végétation abatue, sans brûlis. Le stylosanthes se développe pendant une saison et protège totalement le sol. Il peut alors être utilisé pour l'installation de systèmes SCV sur une très bonne couverture et des sols préservés.

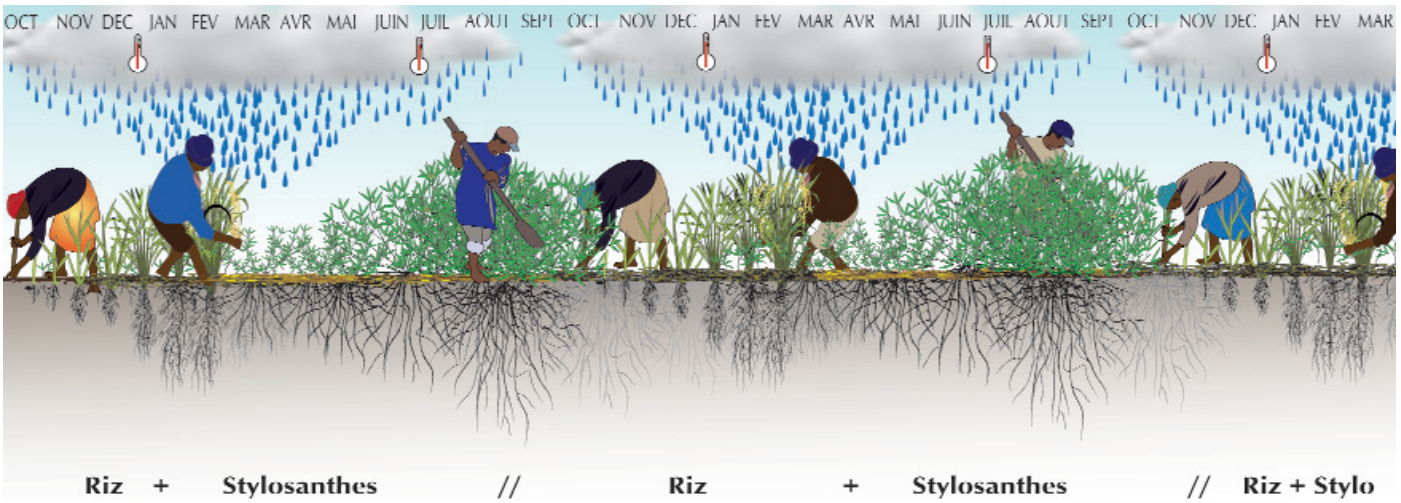


Riz (doubles-rangs) + stylosanthes

6. Les systèmes possibles sur couverture de stylosanthes

Une fois le stylosanthes installé et ayant produit une forte biomasse, régénérant ainsi la fertilité des sols, les systèmes les plus intéressants sont à base de riz et/ou de maïs. Le choix et la gestion de ces systèmes sont fonction en premier lieu du climat et de l'unité agronomique concernée.

Dans le Sud-Est (**climat tropical humide**), après une installation du stylosanthes souvent en association avec le manioc (sur *tanety* non hydromorphe) ou du riz semé en doubles-rangs,

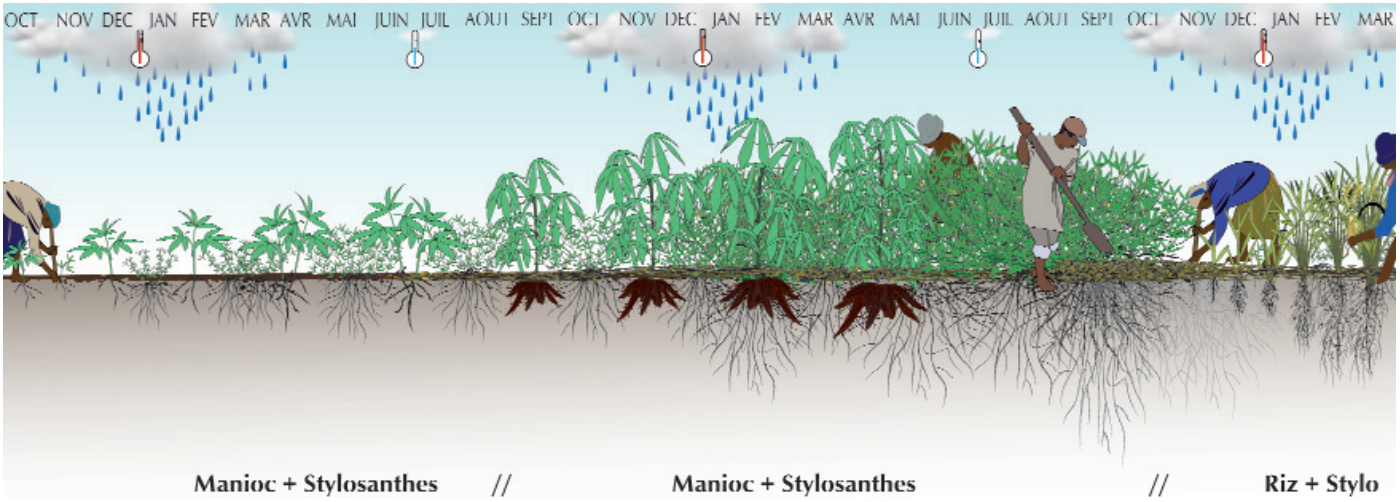


Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

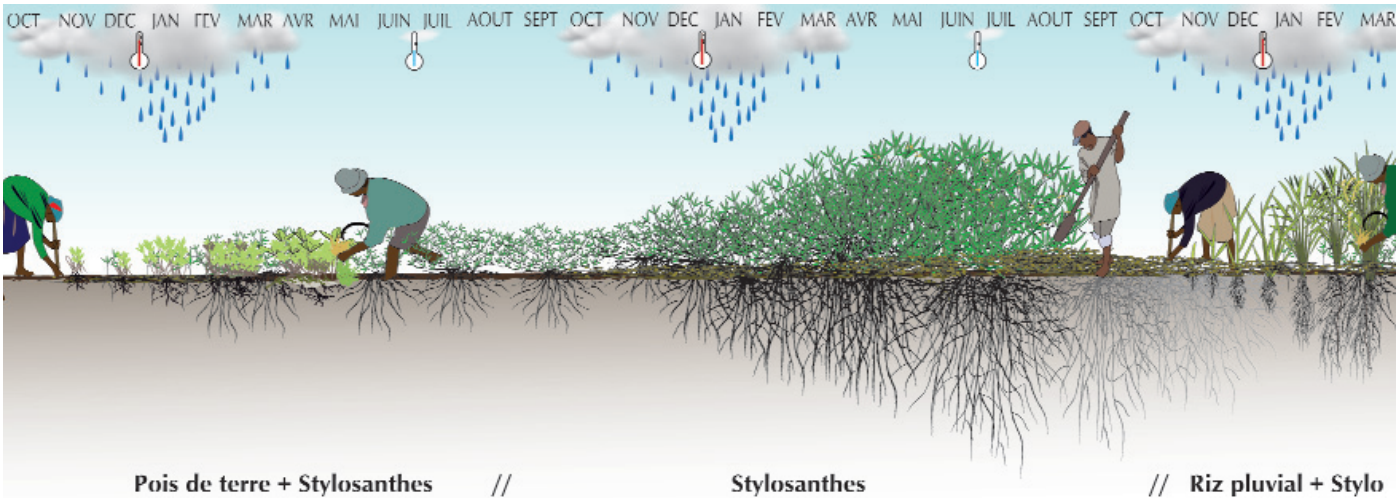
le climat permet de produire chaque année du riz dans lequel le stylosanthes se réimplante naturellement. Après la récolte du riz, le stylosanthes se développe rapidement et produit une biomasse importante en quelques mois, ce qui permet d'installer du riz dès la saison suivante, dans de très bonnes conditions, que ce soit sur *tanety* hydromorphe ou dans les bas-fonds et plaines drainés (qui ne risquent pas d'être inondés).

Dans les **climats de moyenne altitude, à longue saison sèche (lac Alaotra, Moyen-Ouest)**, le choix des systèmes se fait avant tout en fonction de la production de biomasse par le stylosanthes en contre-saison, qui est fortement liée à la longueur de la saison des pluies, mais aussi à la fertilité des sols. Comme la fertilité des sols évolue sous les effets améliorants du stylosanthes, les systèmes doivent aussi évoluer avec le temps :

* Sur des ***sols pauvres***, un des intérêts d'implanter le stylosanthes dans du manioc est qu'en association avec cette culture de cycle très long, le stylosanthes a le temps de se développer sur une période longue, sans immobiliser la parcelle.



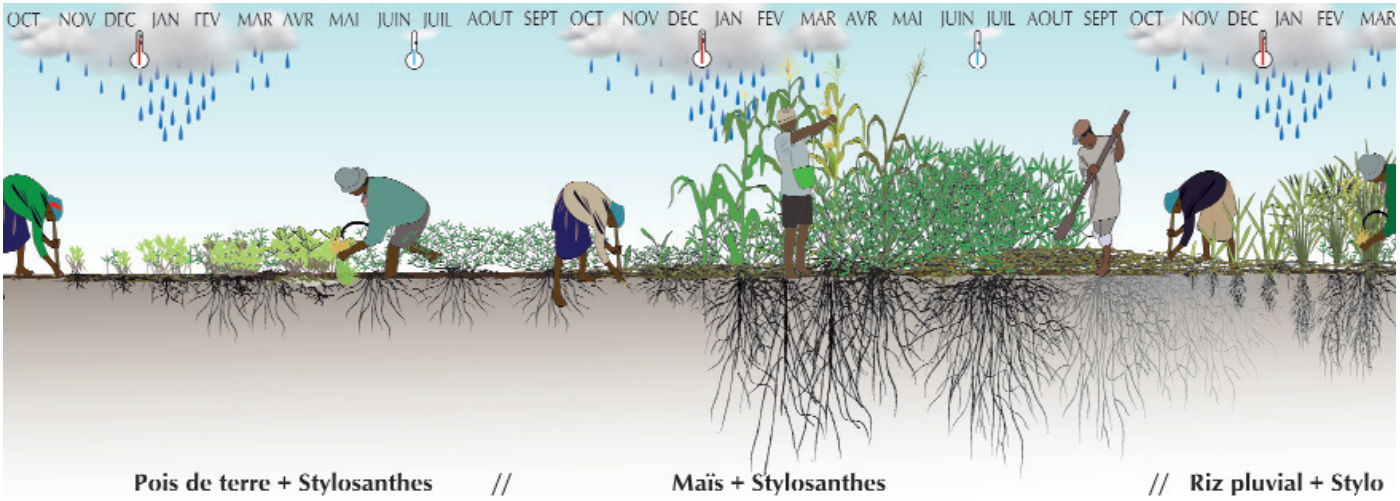
Si le stylosanthes est installé dans une culture de cycle plus court (pois de terre, arachide), sa production de biomasse après quelques mois sur ces sols pauvres est généralement insuffisante pour installer une culture de riz en SCV dans de bonnes conditions. Il est alors recommandé de laisser le stylosanthes en place comme jachère améliorée la saison suivante (voire les saisons suivantes sur sols très dégradés).



Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

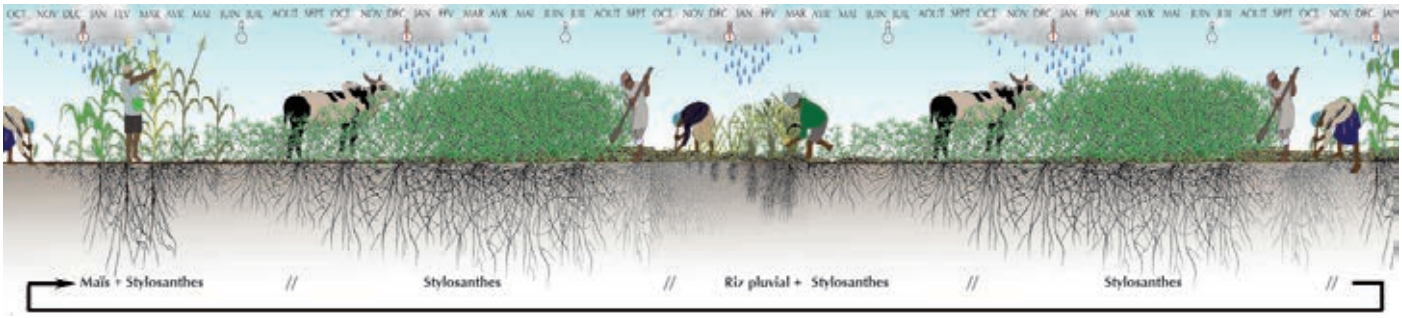
L'année suivant l'installation du stylosanthes, si l'espace disponible ne permet pas d'immobiliser une parcelle et qu'une culture doit être produite chaque année, la culture la plus simple à gérer dans ces conditions est le maïs. Il permet une gestion des adventices et du stylosanthes plus facile que les autres cultures, et est moins sensible à la compétition du stylosanthes. Le maïs permet aussi un développement plus important du stylosanthes, lui faisant moins d'ombrage que le riz dans les premiers mois. Le maïs nécessite cependant l'apport d'engrais sur ces sols pauvres, et risque de subir la compétition du stylosanthes si celui -ci est mal contrôlé (fauche).

Installer du maïs en année 1 dans du stylosanthes faiblement développé peut également être proposé dans les zones où le stylosanthes laissé en jachère risque d'être pâturé par les animaux. Installer du maïs fait que la parcelle est alors considérée comme cultivée et ne doit plus être pâturée. La parcelle en maïs est alors semée à très faible densité et n'est pas fertilisé. Sa production est limitée (500-600 kg/ha) mais cette pratique est très rentable, en plus de protéger la parcelle de la divagation. Elle se fait avec un travail et des coûts très réduits et valorise très bien la journée de travail.



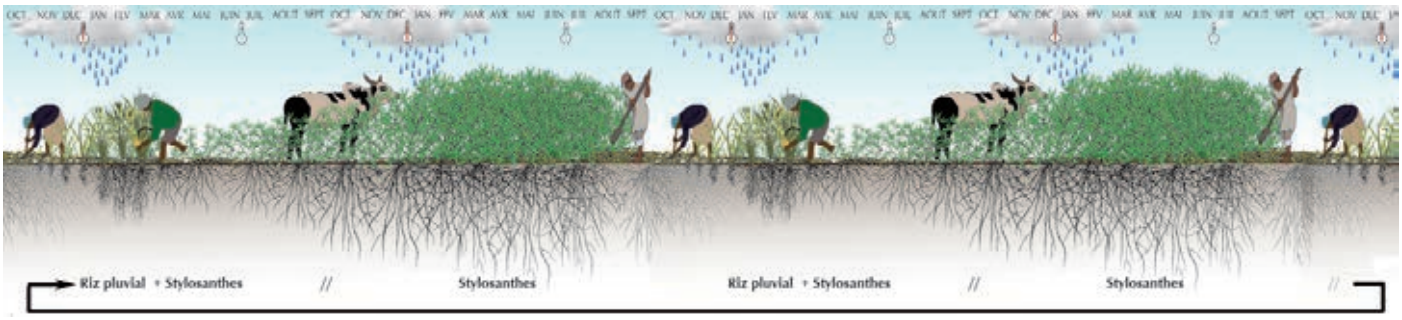
Après deux à trois ans d'amélioration par le stylosanthes, ces sols peuvent être considérés comme des sols moyennement riches, et on peut installer les systèmes préconisés sur ces sols.

* Sur des ***sols moyennement riches***, les systèmes les plus faciles à gérer sont des systèmes alternant un an de culture (riz ou maïs associés au stylosanthes) et un an de jachère améliorée de stylosanthes (qui peut être partiellement utilisé pour l'alimentation animale sur ces sols). L'installation du stylosanthes dans le maïs est préférable sur le plan agronomique. Elle permet une meilleure installation du stylosanthes et une plus forte production de biomasse qu'avec le riz.



Alterner culture de riz et de maïs (Maïs + stylosanthes// Stylosanthes // Riz + Stylosanthes// Stylosanthes en rotation) est un système très efficace. Il est aussi possible de ne cultiver que du riz, ou que du maïs, suivant la préférence des paysans.

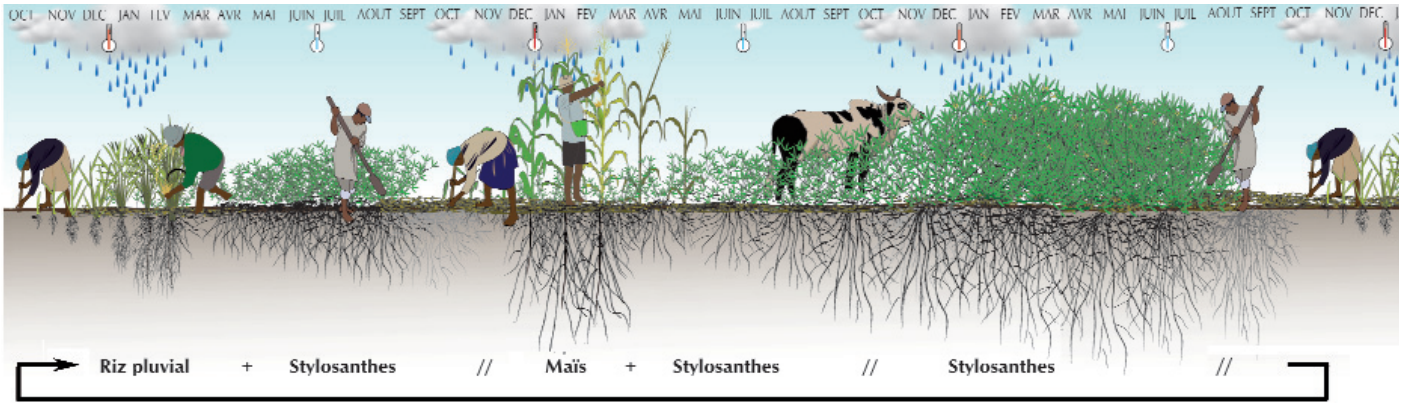
Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



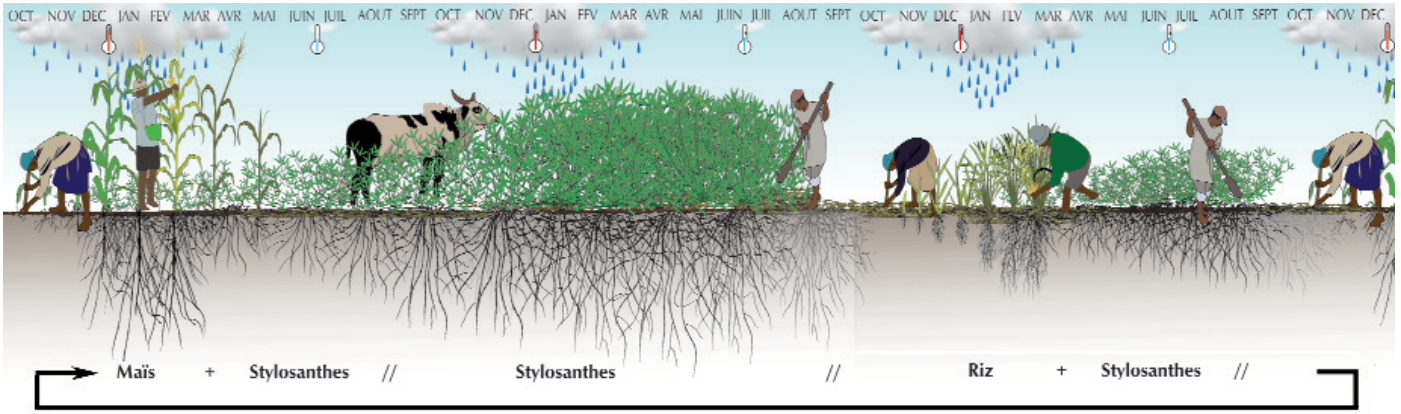
De manière générale, si la biomasse injectée dans les systèmes par le stylosanthes vient à baisser, il est préférable de réinstaller du maïs plutôt que du riz afin de relancer une production de biomasse plus importante.

Si l'espace disponible ne permet pas de produire des grains qu'une année sur deux seulement, ou quand la fertilité augmente ce qui permet une production de stylosanthes plus rapide, l'intensité de culture peut être augmentée à deux cultures en trois ans.

Sur une biomasse de stylosanthes très importante, il est préférable de commencer par le riz qui bénéficiera d'un excellent contrôle des adventices, puis l'année suivante sera conduite en maïs dans lequel le stylosanthes reprendra sa croissance, et la poursuivra l'année suivante en jachère améliorée pour fournir de nouveau une très forte biomasse (Riz + stylosanthes// Maïs + Stylosanthes// Stylosanthes en rotation).

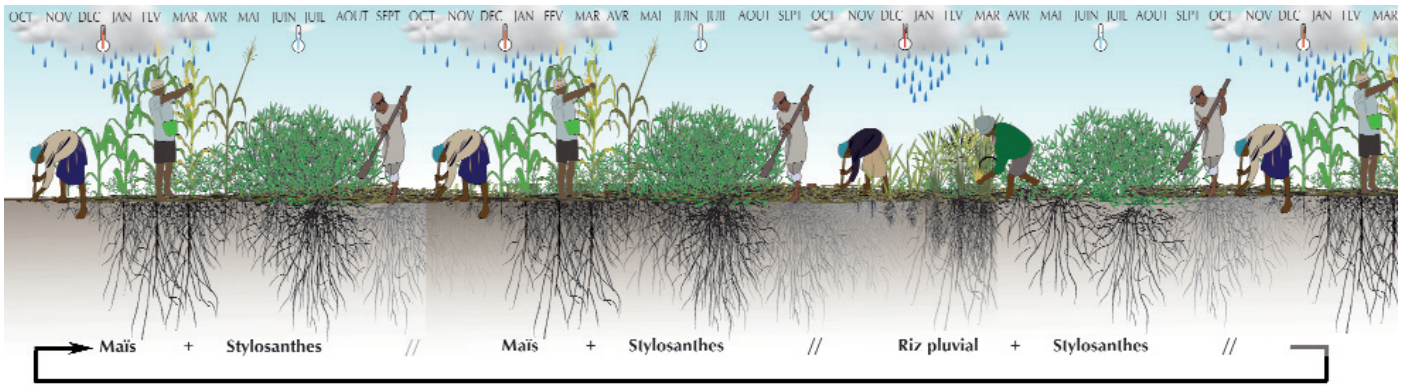


Si au contraire la biomasse de stylosanthes est peu importante, mais qu'on souhaite augmenter l'intensité des cultures, il est préférable de commencer le cycle par du maïs, dans lequel le stylosanthes se développera. On laissera le stylosanthes se développer l'année suivante pour produire une très forte biomasse qui sera utilisée pour l'installation de riz dans de très bonnes conditions.

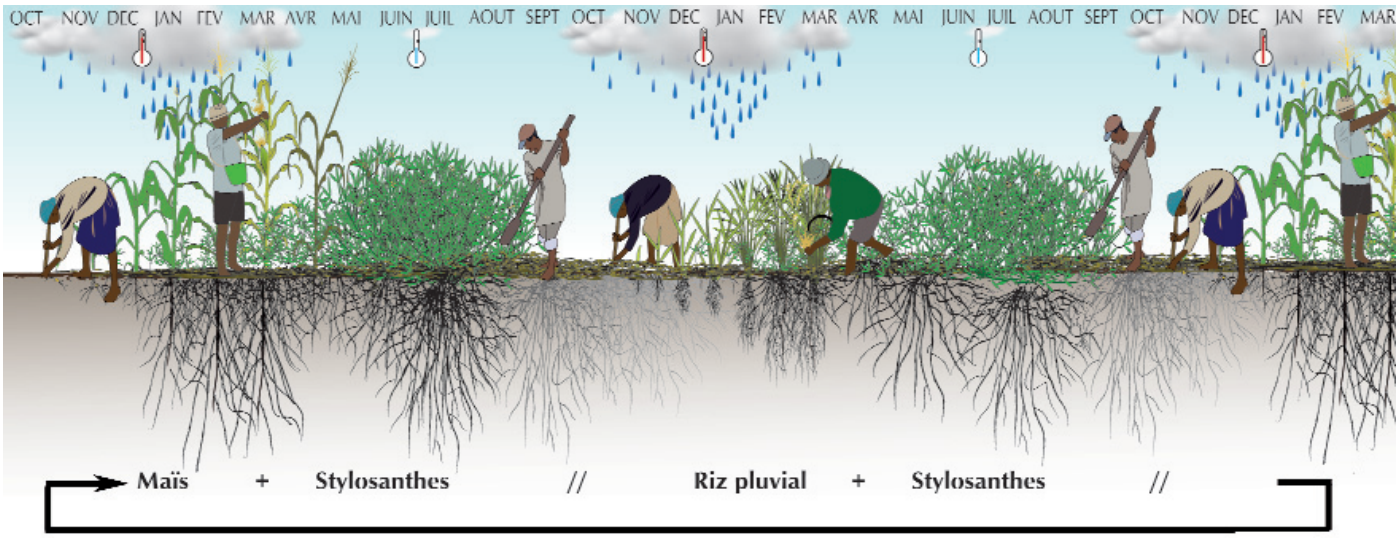


Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

Quand la fertilité s'améliore encore et que la production de biomasse par le stylosanthes est très rapide, il est même possible de produire chaque année des céréales, dans des systèmes alternant riz et maïs associés au stylosanthes. Si la production de biomasse par le stylosanthes après le riz est modérée (sol encore moyennement fertile, saison sèche très longue, saison froide), on peut cultiver du maïs deux ans de suite pour favoriser la constitution de biomasse et ainsi «recharger» le sol en biomasse deux années sur trois. (Maïs + stylosanthes//Maïs + stylosanthes// Riz + stylosanthes en rotation).



Si la production de biomasse par le stylosanthes est importante chaque année, il est possible d'alterner riz et maïs (Maïs + Stylosanthes // Riz + Stylosanthes en rotation), voire même de produire du riz chaque année, le stylosanthes associé «brisant» la monoculture.



La gestion de ces systèmes est importante pour maintenir les flux de matière organique. Plus l'intensité de culture est élevée, plus la gestion doit être fine. Il est nécessaire de rester réactif et d'être en mesure de pouvoir passer d'un système à un autre, en fonction de la production de biomasse chaque année.

De manière générale, si la biomasse de stylosanthes au moment de la remise en culture est très importante (plus de 7-8 tonnes de matière sèche/ha, couvert homogène et dense de plus de 1 m de haut) , riz ou maïs peuvent être installés sans difficulté. Si cette biomasse est moyenne (5-7 tonnes de matière sèche/ha, couvert homogène sur 60- 80 cm de hauteur), il est préférable de cultiver du maïs, plus facile à gérer. Si la biomasse est faible (< 3-4 tonnes de matière sèche/ha, couvert hétérogène, de moins de 50 cm de haut), il est préférable de laisser le stylosanthes en place un an de plus. On peut éventuellement installer du maïs, mais cela demandera une gestion fine des adventices et de la compétition entre culture et plante de couverture.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

7. Les itinéraires techniques en année «zéro» d'installation

7.1. La préparation de la parcelle

La préparation de la parcelle est avant tout fonction de son état initial (compaction, battance, végétation en place, etc.). Elle s'effectue comme présenté dans le Volume II. Chapitre 2 de ce manuel («Le choix des itinéraires techniques»), soit avec travail du sol (année «zéro» de préparation des SCV), soit après préparation d'une couverture végétale morte (systèmes installés en semis direct sur couverture végétale permanente).

Dans tous les cas, la parcelle doit être maintenue plane, sans buttage (qui n'est pas nécessaire et qui gêne la mise en place en semis direct l'année suivante).

7.2. Le semis en année «zéro» de préparation des SCV

Installation du stylosanthes en association avec le manioc

Date de semis et variété

Les variétés de manioc utilisées sont les variétés traditionnelles des paysans. On peut aussi préférer des variétés résistantes à la virose comme M7 ou H35.

En fonction de la zone climatique et des pratiques paysannes, le manioc peut être planté à des dates variables, au début ou à la fin de la saison des pluies. Le stylosanthes doit être semé au minimum trois mois avant la fin de la saison des pluies de manière à s'installer correctement et de pouvoir supporter la saison sèche. Il est aussi préférable de ne pas semer le stylosanthes avant que le manioc soit en végétation (redémarrage des boutures) et fasse de préférence plus de 20 cm de haut. L'installation du stylosanthes peut se faire en particulier lors du sarclage éventuel du manioc en début de saison des pluies.



Installation de deux rangs de stylosanthes entre deux rangs de manioc

Comment semer

Les boutures de manioc sont généralement installées à une densité d'environ 10 000 plants/ha, avec un espacement de 1 m x1 m, mais peuvent être installées plus denses (jusqu'à 40 000 plants/ha, espacés de 0,5 x 0,5 m). Quand l'espacement entre lignes est supérieur à 80 cm, le stylosanthes est installé de préférence avec deux lignes espacées de 30 cm entre deux rangs de manioc, avec des poquets espacés de 30 cm sur la ligne. Si l'espacement entre lignes de manioc est inférieur à 80 cm et ne permet pas l'installation de deux rangs de stylosanthes entre deux rangs de manioc, alors un simple rang de stylosanthes est installé, avec un espacement de 30 cm sur la ligne. Pour un espacement très lâche du manioc (1 m x 1 m ou plus), il est recommandé de combler l'espace entre les plants de manioc, dans les deux sens, en installant deux poquets de stylosanthes entre deux plants de manioc, dans toutes les directions. Le semis se fait avec une petite pincée de graines par poquet (7 à 10 si possible), ce qui nécessite 2 à 3 kg/ha de semences.



Installation du stylosanthes en association avec une légumineuse (pois de terre, arachide, soja, etc.)

Date de semis et variété

Les variétés locales utilisées par les paysans peuvent être utilisées pour une implantation en association avec du stylosanthes. Leur cycle est d'environ 120 jours pour le soja et l'arachide, et de 150 jours pour le pois de terre. Pour l'arachide, la variété Fleur 11 (cycle de 120 jours) peut être proposée en moyenne altitude et dans le Sud-Ouest, ainsi que la variété H33 de cycle équivalent, intéressante dans le Sud-Ouest. Pour le soja, les variétés Cometa (cycle de 110 à 125 jours), FT 10 (cycle de 115 à 140 jours), CD 206 (115 à 140 jours également) peuvent être proposées dans toutes les zones, avec inoculation.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

Comment semer

Le semis des légumineuses à graines (pois de terre, arachide, soja) doit se faire dès les premières pluies utiles. Pour permettre l'installation du stylosanthes, les rangs doivent être espacés de 40 à 50 cm, avec des poquets espacés de 20 cm sur la ligne. En cas d'installation après écobuage, l'installation des légumineuses à graines se fait sur deux rangées espacées de 30 cm sur les lignes écobuées, avec un espacement de 30 cm sur la ligne. Le stylosanthes est installé en lignes (une ligne de stylosanthes entre deux rangs de la légumineuse à graines, ou deux lignes de stylosanthes entre deux doubles-rangs de la légumineuse installée sur des tranchées écobuées), avec un espacement de 30 cm sur la ligne. Le semis se fait avec une petite pincée de graines par poquet (7 à 10 si possible), ce qui nécessite 2 à 3 kg/ha de semences. L'installation du stylosanthes se fait en même temps que le semis de la légumineuse à graine, mais elle peut être décalée et se faire au moment du sarclage, à condition d'être effectuée au moins trois mois avant la fin de la saison des pluies.



Stylosanthes installé dans le pois de terre

Il est recommandé de traiter les légumineuses avec 1,6 à 5 g de Thirame®/kg de semences (2 à 8 g/kg de Calthir PM par exemple) pour éviter la « fonte des semis » (maladie fongique), et ce d'autant plus que le coût du traitement est très faible : moins de 700 Ariary/ha (pour 10 kg/ha de semences), soit l'équivalent de moins de 1 kg de soja par hectare.

Installation du stylosanthes en association avec le maïs (ou le sorgho)

Date de semis et variété

Pour les zones où ces associations sont les plus recommandées (moyenne altitude, climat tropical humide et climat semi-aride), 6 variétés de maïs intéressantes sont disponibles, en plus des variétés traditionnelles des paysans. Elles sont toutes de couleur jaune-orange et dans ces milieux, elles ont toutes un cycle de 120 jours environ, du semis à la maturité :

* IRAT 200 est une vieille variété appréciée pour sa rusticité, également recommandée pour un climat tropical humide (Sud-Est) ;

* IRAT 340 est une variété résistante à la sécheresse et donc intéressante pour les zones semi-arides, mais est sensible à la virose (Yellow Strike Virus) ;

* CIRAD 412 a des caractéristiques très proches de l'IRAT 340 et a l'avantage d'être résistante à cette virose ;

* OC 202 est elle aussi une variété intéressante pour sa résistance à la sécheresse ;

* EMGOPA 501 est intéressante pour une agriculture intensive, avec fertilisation (haut rendement potentiel) ;

* BR 106 est intéressante à moyenne altitude.

Dans un **climat semi-aride** (Sud-Ouest), il est impératif de semer le maïs dès que possible. Les risques d'échec de la culture augmentent fortement avec un semis après le mois de décembre. Un semis à sec avant les premières pluies est possible, avec le risque cependant d'une levée irrégulière. Le stylosanthes doit être semé avec le maïs pour lui permettre de s'installer durant la courte saison des pluies.

En **moyenne altitude**, avec longue saison sèche (Lac Alaotra ou Moyen Ouest), le maïs doit être semé dès les premières pluies utiles sur un sol suffisamment humide pour assurer les besoins en eau de la plante les deux ou trois premières semaines.

Sur *baiboho*, il est possible de semer tôt (humidification rapide du sol) et il existe un risque d'engorgement en cas de semis tardif. Il faut donc éviter de semer après le 15 janvier.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

Sur *tanety*, au Lac Alaotra, les rendements chutent rapidement pour des semis effectués après fin décembre et il faut impérativement semer avant le 5-10 janvier. Dans le Moyen-Ouest, les semis doivent se faire plus tôt, les risques de sécheresse en fin de cycle devenant trop importants pour des semis après fin décembre. Là encore, le semis du stylosanthes se fait de préférence au moment du semis du maïs pour favoriser son installation. Il est cependant possible de décaler le semis du stylosanthes au moment du sarclage du maïs, ce qui permet une gestion plus facile de l'enherbement. La production de biomasse par le stylosanthes est cependant plus faible, et il est indispensable d'effectuer le semis du stylosanthes au moins trois mois avant la fin de la saison des pluies pour lui permettre de s'implanter correctement.

Que ce soit dans le Sud-Ouest ou dans le moyen Ouest, il n'est pas recommandé de commencer en année «zéro» de préparation des SCV par le système Maïs + Stylosanthes sur des sols où la pression du striga est forte.

En **climat tropical humide** (Sud-Est), le maïs est cultivé sur les bourrelets de berge essentiellement. Les contraintes climatiques sont moindres que dans les autres climats, mais il est cependant préférable d'éviter la période cyclonique. Il est donc conseillé de semer le maïs en contre-saison. Le stylosanthes n'est pas, en général, installé dans le maïs dans ce type de climat

Comment semer

L'association maïs + stylosanthes peut se faire en simples-rangs ou en doubles-rangs. Le semis en simples-rangs est plus facile à installer mais produit une couverture légèrement plus faible qu'en doubles-rangs. La couverture produites en simples-rangs est cependant plus homogène, ce qui peut en conséquence faciliter l'installation et la conduite de la culture suivante, en particulier pour du riz ou du cotonnier. Le semis en simples-rangs est souvent préféré pour sa facilité d'installation et de gestion.

Pour un semis du maïs en simples-rangs, semer en lignes espacées de 1 mètre, poquets espacés de 50 cm sur la ligne. Semer 2 graines par poquet pour le maïs avec des semences de qualité à taux de germination élevé ; 3 à 4 graines par poquet et prévoir un démariage à deux pieds par poquet en cas de doute sur la qualité des semences de maïs. Semer le stylosanthes en poquets (7 à 10 graines par poquet si possible) avec deux lignes espacées de 30 cm entre deux rangs de maïs, et un espacement de 30 cm entre poquets sur la ligne.



Stylosanthes installé dans le maïs
Deux rangs de stylosanthes entre deux rangs de maïs

Pour un semis du maïs en doubles-rangs, semer sur deux lignes espacées de 50 cm tous les deux mètres (soit 1,5 m et 50 cm en alternance entre deux rangs de maïs), poquets espacés de 50 cm sur la ligne, en quinconce. Le stylosanthes est semé sur 3 à 4 rangs espacés de 30 à 40 cm entre deux doubles-rangs de maïs.

La densité de semis du maïs en doubles-rangs est ainsi la même qu'en simples-rangs : 20 000 poquets/ha, soit 40 000 graines par hectare (à 2 graines par poquet, avec des semences de qualité), c'est à dire de 15 à 20 kg/ha suivant le poids des graines. La densité de semis du stylosanthes est également la même dans les deux cas, d'environ 65 000 à 70 000 poquets/ha soit 2 à 3 kg/ha de semences.

En cas de fertilité faible (sols pauvres ou dégradés, sans apport d'engrais) ou de conditions climatiques très limitantes pour l'eau, il est recommandé de baisser les densités de semis, en particulier pour le maïs. Deux options sont possibles :

* *Ecarter les poquets de maïs sur la ligne :* Sur des lignes espacées de 1 mètre, semer avec 1 mètre entre poquets sur la ligne et 3 à 4 graines par poquets (puis démariage à deux pieds par poquet). Semer alors le stylosanthes espacé de 40 cm sur les lignes et intercaler sur les lignes de maïs deux poquets de stylosanthes entre deux poquets de maïs.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

* *Ecarter les lignes :* Sur des lignes espacées de 1,5 mètre, semer avec 50 cm entre poquets sur la ligne et 3 à 4 graines par poquet (puis démariage à deux pieds par poquet). Semer le stylosanthes sur trois lignes entre deux lignes de maïs, poquets espacés de 40 cm sur la ligne.

En fonction de la pression des insectes, il peut être nécessaire de traiter les semences de maïs à l'imidaclopride + thirame (produit commercial Insector, beaucoup moins cher que le Gaucho) à la dose de 5 g de produit commercial (soit 1,75 gramme d'imidaclopride) par kilogramme de semences, pour lutter contre les Heteronychus. C'est en général le cas au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest. C'est également le cas dans le Sud- Ouest pour des semis relativement tardifs (alors qu'un semis précoce permet en général de se passer de traitement dans cette zone). Ce traitement est particulièrement recommandé en cas d'apport de fertilisation, pour assurer la rentabilité d'un investissement en engrais.



Stylosanthes installé dans le maïs en doubles-rangs

Le coût du traitement du maïs est de 5 000 à 10 000 Ariary/ha (pour 20 kg/ha de semences), soit l'équivalent d'environ 20 kg de maïs par hectare. Cela correspond à moins de 2% du coût de l'engrais pour une fertilisation moyenne.

Installation du stylosanthes en association avec le riz

Date de semis et variété

Les variétés de riz proposées à Madagascar sont présentées en annexe 7 de ce manuel. De manière générale, les variétés de cycle relativement court (100-110 jours) ont l'avantage d'être moins sensibles à une compétition éventuelle par le stylosanthes, et au risque climatique dans les climats à longue saison sèche.

En climat de **moyenne altitude**, avec longue saison sèche (Lac Alaotra ou Moyen Ouest), le riz doit être semé dès les premières pluies utiles sur un sol suffisamment humide pour assurer les besoins en eau de la plante les deux ou trois premières semaines.

Sur *baiboho*, il est possible de semer plus tôt (humidification rapide du sol).

Sur *tanety*, au Lac Alaotra, les rendements chutent rapidement pour des semis effectués après fin décembre et il faut impérativement semer avant le 5-10 janvier. Dans le Moyen-Ouest, les semis doivent se faire plus tôt, les risques de sécheresse en fin de cycle devenant trop importants pour des semis après fin décembre.

Le semis du stylosanthes se fait de préférence au moment du semis du riz pour favoriser son installation. Il peut cependant être utile, voire nécessaire, de décaler le semis du stylosanthes au moment du sarclage du riz, ce qui permet une gestion plus facile de l'enherbement et limite le risque de compétition, surtout si la fertilité du sol ne permet pas un développement rapide du riz. La production par le stylosanthes semé plus tard est cependant plus faible, et il est indispensable d'effectuer le semis du stylosanthes au moins trois mois avant la fin de la saison des pluies pour lui permettre de s'implanter correctement.

Dans le moyen Ouest, il n'est pas recommandé d'installer du riz en année «zéro» de préparation des SCV sur des sols où la pression du striga est forte.

En **climat tropical humide** (Sud-Est), les contraintes climatiques sont moindres ce qui laisse plus de souplesse et permet un développement rapide du stylosanthes après la récolte du riz, généralement semé en novembre ou décembre. De plus, ce type de climat permet d'installer le stylosanthes par boutures si on le souhaite, la reprise se faisant bien dans ces milieux humides.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Stylosanthes entre des doubles-rangs de riz
Photo : C. Rakotoarinivo



Stylosanthes intercalé entre des lignes de riz semé en simples-rangs

En **climat semi-aride** (Sud-Ouest), le riz n'est recommandé que sur les sols moyennement riches, non compactés, à caractère vertique (ou dans les rizières) mais il n'est pas recommandé d'installer du stylosanthes dans cette culture sensible au stress hydrique.

Comment semer

L'installation de stylosanthes dans le riz se fait de préférence en implantant le riz en doubles-rangs et en installant le stylosanthes dans l'espace entre les doubles-rangs. Les rangs de riz sont espacés de 20 à 30 cm sur le double-rang, et de 40 à 60 cm entre les doubles-rangs et le riz semé en poquets de 3 à 5 graines, espacés de 20 cm sur la ligne. Cet espacement correspond également à l'espacement du semis du riz sur des tranchées d'écobuage. Le stylosanthes est alors semé sur une ligne (30 cm sur la ligne, entre poquets), entre deux double- rangs de riz. Cet espacement en doubles-rangs permet de limiter le risque de compétition du stylosanthes et de semer simultanément les deux plantes, en particulier sur un sol fertile ou après écobuage. Il permet ainsi d'accroître la production de biomasse par le stylosanthes, ce qui est particulièrement intéressant dans les climats avec saison sèche.

Il est également possible d'installer le stylosanthes dans du riz semé en simples-rangs. Les rangs de riz doivent alors être espacés de 40 cm (poquets espacés de 20 cm sur la ligne) et le stylosanthes est installé à 30 cm entre poquets sur la ligne. Le semis du stylosanthes doit être décalé d'environ trois semaines, afin de limiter le risque de compétition, en particulier sur sols à fertilité modérée où le riz risque de se développer lentement.

La pression des insectes au Lac Alaotra et dans le Moyen-Ouest, fait qu'il est souvent nécessaire de traiter les semences de riz à l'imidaclopride + thirame (produit commercial Insector, beaucoup moins cher que le Gaucho) à la dose de 2,5 à 5 g de produit commercial (soit 0,9 à 1,75 gramme d'imidaclopride) par kilogramme de semences, pour lutter contre les Heteronychus. Le coût du traitement du riz est de 15 000 à 30 000 Ariary/ha (pour 60 kg/ha de semences), soit 30 à 60 kg de paddy par hectare. Cela correspond à moins de 2% du coût de l'engrais pour une fertilisation moyenne.

7.3. La gestion de l'enherbement

En année «zéro» de préparation des SCV, le semis sur sol nu, labouré, nécessite de porter une attention particulière au contrôle des adventices, et ce d'autant plus que la fertilité du sol est élevée. Par contre, une fois la couverture végétale bien installée, elle contrôle la plupart des adventices et l'utilisation d'herbicide ne se justifie pas. Un simple arrachage des quelques adventices est suffisant (5-10 jours de travail/ha).

Sur sol nu (labouré) ou faiblement paillé (peu de résidus) et pour des agriculteurs qui ne disposent pas (ou ne peuvent payer) une main d'œuvre suffisante pour désherber dans les temps leurs parcelles, il peut être intéressant d'appliquer un herbicide, en particulier pour le maïs et le riz. On peut ainsi appliquer 1 500 g/ha de pendimethaline, ce qui permet de contrôler suffisamment les graminées. Son coût est cependant élevé : environ 90 000 Ariary/ha, soit l'équivalent de 225 à 300 kg/ha de maïs (près de 25 % du coût d'une fertilisation moyenne). Sans application d'herbicide de pré-levée, un sarclage manuel au moins est nécessaire (40 homme-jours/ha). Il est particulièrement rentable sur les *baiboho* où les adventices sont agressives, et sur les parcelles en semis direct avec un mulch insuffisant (qui demandera un ou deux arrachages des adventices soit 50 à 80 homme-jours/ha de travail).

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

Produits commerciaux homologués à Madagascar : Pendimethalin ou Stomp, dosés à 500 g/l, ou Alligator, dosé à 400 g/l de pendimethaline.

Une fois la couverture de stylosanthes implantée, la gestion de l'enherbement est très largement simplifiée. D'une part, le stylosanthes en végétation domine la plupart des adventices, en particulier les annuelles. D'autre part, la forte biomasse produite par le stylosanthes permet de créer une couverture morte très dense, qui ralentit très fortement ou empêche la levée des adventices. De manière générale, le contrôle des adventices sur couverture de stylosanthes est très faible, voire nul. Il est limité à l'arrachage manuel des adventices qui ont pu éventuellement se développer à travers la couverture. Sur une couverture végétale dense de stylosanthes, aucun travail n'est nécessaire pour contrôler les adventices.



Sol totalement couvert et absence d'adventices à la récolte du riz semé sur une couverture très dense de stylosanthes

7.4. La fertilisation

Un des intérêts du stylosanthes est sa capacité à se développer sur des sols de basse fertilité. La fertilisation à apporter est donc fonction de la culture installée. L'intérêt d'installer le stylosanthes dans des cultures peu exigeantes est donc de permettre une entrée dans les systèmes SCV à très faible niveau d'intrants. Le raisonnement de la fertilisation se fait donc sur la base de la culture installée, de la fertilité initiale des sols, du précédent cultural (apport d'azote par les légumineuses), de l'objectif de production et du risque (essentiellement climatique, mais aussi les attaques d'insectes, d'oiseaux, les vols, etc.). On peut pour cela se rapporter au Volume II Chapitre 2 de ce manuel.

Les niveaux de fertilisation proposés ici sont ceux nécessaires pour un démarrage des systèmes en SCV et peuvent être progressivement baissés (tout en faisant attention à compenser les exportations par les grains, sachant que ces exportations augmentent avec l'amélioration des sols et des rendements). De plus, le risque de stress hydrique et donc les risques d'échec diminuent avec les années de semis direct (augmentation de la vitesse d'enracinement et accroissement de la profondeur d'enracinement des cultures, amélioration de la porosité et réduction du ruissellement, et par conséquent augmentation de la réserve utile en eau), ce qui fait que la fertilisation est moins risquée et plus efficace et qu'il est intéressant de la maintenir à un bon niveau.

Les niveaux proposés ici correspondent aussi à des niveaux de fertilisation pour un semis effectué dans les temps, avec des semences de qualité, traitées contre les insectes en cas de besoin. En effet, la fertilisation ne peut être rentable qu'avec un bon contrôle des mauvaises herbes et des insectes.

En cas de semis tardif (et ce d'autant plus que l'on se rapproche des dates butoir de semis) les rendements espérés sont plus faibles et les risques d'échec de la culture plus importants. Il est préférable dans ce cas de réduire le niveau de fertilisation, voire de ne pas apporter d'engrais chimique, quitte à changer de culture et de système. Les apports en cours de végétation peuvent et doivent aussi être modulés en fonction de la situation. On peut les augmenter si la culture se déroule bien mais qu'on observe des

Les exportations par ces systèmes

Ces systèmes exportent en général peu d'azote, la fixation par le stylosanthes compensant les exportations par les grains. Cependant, en cas de très forte production des céréales et/ou de faible développement de la légumineuse, un apport d'azote est nécessaire pour compenser les pertes, sachant que l'exportation d'une tonne de grains exporte environ 16 kg de N pour le riz et 20 kg de N pour le maïs.

Le phosphore et le potasssium exportés doivent être compensés par un apport de fertilisation, à hauteur de 3,5 kg de P et 3,5 kg de K par tonne de maïs (grains) et 3,5 kg de P et 2,5 kg de K par tonne de riz (paddy).

En cas d'exportation des pailles (pour les animaux), il est nécessaire de compenser également ces pertes, en particulier pour le maïs qui exporte plus de 20 kg de potassium et 14 kg d'azote par tonne de paille. Le riz exporte par ses pailles plus de 12 kg d'azote et 25 kg de potasse par tonne.

Ainsi, 4 tonnes de maïs (grains) exportent 80 kg d'azote (qui peuvent être fixés par la légumineuse si elle se développe bien), 14 kg de P et 14 kg de K. Trois tonnes de riz (paddy) exportent environ 50 kg d'azote (compensés par la fixation par le stylosanthes), 10 kg de P et 8 kg de K.

Niveaux de fertilisation recommandés et espérance de rendement pour les systèmes à base de stylosanthes

(dans de bonnes conditions de culture : semis précoce, qualité et traitement des semences, contrôle des adventices, etc.)

Climat de moyenne altitude (600 - 1 100 m.)

Type de sol	Besoin en fertilisation	Culture	Niveau de fertilisation	Fumier	NPK (au semis)	Urée (au semis)	Urée (en végétation)	Coût de la fertilisation		Espérance de rendement	Rendement système traditionnel
				(t/ha)	kg/ha	kg/ha	kg/ha	(Ariary/ha)	(Euros/ha)	(kg/ha)	
Sols pauvres de tanety en année «zéro»	Possible sans engrais	Manioc	Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	4 000 - 5 000	3 000 - 4 000
		Pois de terre*	Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	1 200 - 1 500*	700-800
		Arachide/Soja*	Zéro/faible	3 - 5	<80	0	0	< 144 000	< 51	1 000 - 1 200*	700-800
Sols moyennement riches de tanety en année «zéro» ou Sols pauvres de tanety après deux à trois années de restauration par le stylosanthes	Possible sans engrais	Pois de terre	Zéro	3 - 5	0	0	0	0	0	1 400 - 1 500	700-800
		Arachide/Soja	Zéro/faible	3 - 5	<80	0	0	< 144 000	< 51	1 000 - 1 200	700-800
	Fertilisation recommandée	Maïs	Zéro/faible	3 - 5	<80	<40	<40	< 280 000	< 100	1 000 -1 800	800-1 200 (sur parcelles sans striga)
			Moyen	3 - 5	150	0	75	400 000	142	2 000 - 2 500	
			Fort	3 - 5	300	0	100	710 000	254	3 000 - >4 000	
		Riz	Zéro/faible	3 - 5	<80	<40	<40	< 280 000	< 100	1 000 - 2 300	800 - 1 500 (sur parcelles sans striga)
			Moyen	3 - 5	150	0	75	400 000	142	2 500 - 3 000	
			Fort	3-5	300	0	100	710 000	254	3 500 - >4 000	
Sols moyennement riches de tanety après deux années de restauration par le stylosanthes ou Sols pauvres de tanety après 4 à 5 années de restauration par le stylosanthes		Manioc	Zéro	3-5	0	0	0	0	0	8 000 - 10 000	N'existe pas en système traditionnel
	Fertilisation recommandée	Maïs	Zéro/faible	3 - 5	<80	<40	<40	< 280 000	< 100	2 000	
			Moyen	3 - 5	150	0	75	400 000	142	2 500 - 3 500	
			Fort	3-5	300	0	100	710 000	254	4 000 - 6 000	
		Riz	Zéro/faible	3 - 5	<80	<40	<40	< 280 000	< 100	2 400-2 600	
			Moyen	3 - 5	150	0	75	400 000	142	3 000 - 3 500	
			Fort	3-5	300	0	100	710 000	254	4 000 - 4 500	

Bases de calcul : Prix relevés dans le Moyen-Ouest en début de campagne 2011-2012 pour les engrais et en fin de campagne pour les grains(Source: Fafiala/GSDM) :
Urée : 1 700 Ariary/kg ; NPK (11-22-16) = 1 800 Ariary/kg ; Un euro = 2 800 Ariary (Avril 2012)
Maïs : 400 Ariary/kg. Riz : 500 Ariary/kg. Manioc frais : 200 Ariary/kg. Pois de terre ou arachide : 600 Ariary/kg

*: Effet marqué du paillage dès l'année «zéro»

Niveaux de fertilisation très rarement appliqués par les paysans. Résultats en dispositifs expérimentaux

Urée apportée à 25 et 45 jours après semis pour le riz, au début de la floraison mâle pour le maïs

signes de carence. A l'inverse, si des problèmes particuliers ont limité fortement le potentiel de production (mauvais contrôle des adventices, attaques d'insectes, etc.), il est préférable de réduire la fertilisation en végétation, voire même de la supprimer.

Il faut également respecter les périodes d'apport des engrais, faute de quoi le risque d'en voir l'efficacité et la rentabilité baisser fortement est élevé. Les périodes d'application proposées sont celles pour une récolte du maïs en grains secs. Pour une récolte en vert, l'apport de fertilisants à la floraison mâle est trop tardif et doit être soit avancé, soit supprimé.

Sur sols de basse fertilité (sols ferrallitiques relativement dégradés, sols ferrugineux tropicaux, etc.), la rentabilité de l'engrais est plus faible (et le risque d'échec plus élevé) que sur des sols riches, bien structurés (*baiboho*, etc.). Il faut cependant éviter d'y appliquer des doses d'engrais faibles qui ne permettent pas d'augmentation sensible du rendement et sont très mal rentabilisés. Il est préférable de proposer :



Riz installé en doubles-rangs et stylosanthes sur écobuage

- soit de prendre le risque d'apporter une fertilisation forte à ceux qui peuvent se le permettre, en sachant que la rentabilité sera souvent faible mais que l'on préparera ainsi une biomasse suffisante pour cultiver en SCV dans de bonnes conditions l'année suivante,
- soit de remplacer le maïs ou le riz par une autre culture moins exigeante si on ne veut pas fertiliser. En effet, sans engrais l'espérance de production des céréales est très faible. Dans de telles conditions, cet itinéraire technique valorise mal la journée de travail et ne permet pas la production d'une biomasse suffisante pour cultiver en SCV l'année suivante.

7.5. La protection phytosanitaire en végétation

Le stylosanthes est une des légumineuses les plus saines du monde et ne demande pas de protection phytosanitaire particulière. Les traitements à apporter sont donc fonction des cultures. Les légumineuses (pois de terre, soja, etc.), demandent en général deux traitements insecticides à la cypermethrine (60 à 62,5 g/ha à chaque passage soit 0,25 l/ha pour des produits dosés à 240 ou 250 g/l). La fréquence des passages doit être adaptée à la pression des insectes (présence forte constatée, importance des attaques).

Coût de la cypermethrine : 5 000 Ariary/ha environ pour chaque passage (équivalent à 12 kg/ha de maïs). Produits commerciaux homologués à Madagascar : Agrimethrine, Cypercal, Cypvert, Cyrux, Cypermad, Cythrine, Cigogne et Sherpa.

Le maïs ou le riz ne nécessitent pas de traitement phytosanitaire particulier en végétation, sauf en cas d'attaques massives d'*Heteronycus sp.* ou de vers blancs de hanneton non contrôlées par le traitement de semences sur le riz ou le maïs. On peut alors appliquer 6 kg/ha de carbofuran 10 G (produit commercial : Currater ou Furadan), pour un coût de 60 000 Ariary/ha environ (soit l'équivalent de 150 à 200 kg/ha de maïs selon les zones). Ce traitement doit être fait très tôt, avant que les dégâts sur les cultures soient trop importants et doit être limité autant que possible du fait de ses effets nocifs sur la faune du sol. Dans ce but, il est parfois possible de ne traiter que des bandes en bordure des parcelles où les attaques sont fortes (en provenance des parcelles voisines, de la forêt, etc.).

Il est à noter que de manière générale, riz et maïs sont particulièrement sains quand ils sont installés sur une couverture de stylosanthes.



Maïs et stylosanthes très sains
Photo : Rakotondramanana

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

8. Le semis sur couverture de stylosanthes les années suivantes

8.1. Préparation de la couverture de stylosanthes



Piétinement du stylosanthes par les zébus
Photo : N. Moussa



Passage de rouleau à cornières dans le stylosanthes
Photo : N. Moussa

Un des intérêts du stylosanthes est qu'il peut être contrôlé de diverses manières et peut ainsi être contrôlé facilement quels que soient les moyens disponibles.

Il peut ainsi être contrôlé: (voir les détails dans le Volume II Chapitre 2 de ce manuel)

* manuellement par simple coupe des pieds de stylosanthes à l'*angady*, en enroulant la couverture pour progresser puis en la redéroulant sur le sol

* mécaniquement et chimiquement par roulage (ou piétinement) du stylosanthes puis application d'herbicide (540 à 1 080 g/ha de glyphosate et 1 080 g/ha de 2,4-D) ou de solution saline concentrée (KCl à 25% + vinaigre, 3%), juste après roulage ou plus tard sur d'éventuelles repousses de stylosanthes.

Dans les climats à longue saison sèche, il est souvent possible de contrôler le stylosanthes mécaniquement, sans recours à des applications chimiques. Dans ces climats, le passage d'un rouleau à cornières en pleine saison sèche est souvent suffisant pour contrôler le stylosanthes, surtout si le stylosanthes est âgé, avec des tiges aoûtées qui sont cassées par les cornières (alors que des jeunes tiges non lignifiées, plus souples, sont moins bien coupées). En cas de reprise du stylosanthes (dans les zones humides ou en cas de pluie en saison sèche qui relance sa croissance), un deuxième passage de rouleau à cornière permet en général un contrôle complet du stylosanthes. En l'absence de rouleau à cornières, il est aussi possible de simplement faire piétiner le stylosanthes par les animaux. Cette dernière solution crée cependant un mulch moins bien réparti, dans lequel le semis peut être plus difficile à réaliser.

8.2. Installation des cultures dans une couverture de stylosanthes

Angady : sorte de bêche (outil traditionnel malgache)

Un autre intérêt du stylosanthes est que, une fois qu'il a été installé et a produit des graines, il n'est pas nécessaire de le ressemer les années suivantes. En effet, le stylosanthes redémarre à la saison des pluies, grâce à ses graines tombées au sol. De plus, les risques que le stylosanthes entre en compétition avec la culture sont d'autant plus faibles que la couverture de stylosanthes est dense et retarde la repousse. Ainsi, après l'année «zéro» d'installation du stylosanthes, le semis de l'association se résume au semis de la culture.

Le semis des cultures peut se faire dans des couvertures très épaisses de stylosanthes, qui peuvent faire plus de 15 t/ha de matière sèche (> 5cm d'épaisseur) quand le stylosanthes s'est fortement développé sur plus d'une saison. La levée de la culture peut être légèrement ralentie, mais il ne faut pas hésiter à semer dans des couverts très importants, qui garantissent un parfait contrôle des adventices et une restauration rapide de la fertilité du sol. On prendra cependant soin de bien positionner la graine dans le sol, en utilisant un petit outil tranchant pour bien traverser la couverture de stylosanthes.

Installation de manioc dans une couverture de stylosanthes

L'installation de boutures de manioc dans une couverture morte de stylosanthes se fait comme pour l'installation traditionnelle. Les variétés, dates de plantation, densités et espa-

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

cements sont les mêmes. La seule différence est que cette installation se fait sans travail du sol, après contrôle du stylosanthes.

Dans le cas où du manioc est installé dans du stylosanthes mal développé, les pieds de stylosanthes sont simplement contrôlés (décapage à l'*angady*) aux alentours des boutures, dans un rayon de 30 à 40 cm.

Dans le cas où le stylosanthes est très peu dense (mauvaise installation, semences de mauvaise qualité, etc.), il est utile de le ressemer dans les espaces vides afin de permettre une bonne couverture du sol.



Manioc sur couverture morte (peu dense) et repousses de stylosanthes

Installation de riz dans une couverture de stylosanthes

L'installation de riz dans une couverture morte de stylosanthes peut se faire en simples-rangs ou en doubles-rangs, avec les variétés traditionnelles ou les variétés améliorées proposées (cf annexe 7 de ce manuel) qui ont l'avantage de bien valoriser la fertilité restaurée sur ces sols.

Un des avantages des pratiques SCV est qu'elles permettent un semis du riz très précoce, dès les premières pluies utiles et même à sec si les pluies tardent et/ou si on anticipe que la force de travail nécessaire au semis ne sera pas disponible en début de saison des pluies.

L'épais paillage constitué par le stylosanthes limite les risques de levée après une première pluie insuffisante pour permettre la croissance du riz si de nouvelles pluies n'arrivent pas rapidement. En effet, le paillage intercepte les pluies faibles, ce qui évite une levée du riz avant que la réserve en eau soit suffisante pour assurer deux à trois semaines de croissance du riz même en l'absence de nouvelles pluies.



Riz sur couverture dense de stylosanthes

Idéalement, le riz doit être installé dans une couverture très dense, de plus de 10 t/ha de matière sèche. Si la couverture de stylosanthes est faible (moins de 5 t/ha de matière sèche), il n'est pas conseillé d'installer du riz. En effet, si on contrôle le stylosanthes pour installer du riz, la production de biomasse par la légumineuse sera très faible. De plus, le stylosanthes et des adventices risquent de redémarrer rapidement de leurs graines en l'absence de couverture dense. Ils risquent alors d'entrer en compétition avec le riz pour l'eau et la lumière et ainsi faire chuter la production de riz. Ce risque est le même si on maintient le stylosanthes vivant pour favoriser sa production. Il faut dans ces situations préférer installer du maïs ou du manioc qui permettent un développement plus rapide du stylosanthes, tolèrent mieux sa compétition et dans lesquels la gestion des adventices, mal contrôlées par une couverture insuffisante, est plus facile.

Installation de maïs dans une couverture de stylosanthes

L'installation de maïs dans une couverture morte de stylosanthes se fait comme pour le riz, de manière très précoce et éventuellement à sec, avant l'arrivée des premières pluies. Les variétés traditionnelles sont utilisables, mais des variétés améliorées qui permettent de valoriser la fertilité restaurée sur ces sols sont recommandées.

L'installation peut se faire en simples-rangs (le plus simple à mettre en oeuvre) ou en doubles-rangs (ce qui permet une optimisation de la repousse du stylosanthes).

L'installation du maïs peut aussi se faire dans du stylosanthes peu développé et maintenu vivant, avec cependant un fort risque de compétition, en particulier pour l'eau. Ces systèmes permettent de «marquer» la parcelle comme étant cultivée (et donc interdite aux animaux) mais ne doivent pas être intensifiés du fait du risque élevé de compétition.



Levée du maïs au travers d'une couverture très dense de stylosanthes

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Installation de maïs dans du stylosanthes maintenu vivant

9. Aspects logistiques de la diffusion de ces associations

La diffusion de ces systèmes repose avant tout sur la disponibilité en semences de stylosanthes. Il est donc fondamental d'organiser les producteurs afin d'assurer la production et les échanges de semences entre agriculteurs. La production de graines de stylosanthes est facile, mais le temps de récolte et de battage est important (30-40 jours/ha pour environ 100 kg de semences). Il peut être proposé aux paysans qui ont des parcelles de stylosanthes qui produisent des graines de récolter et vendre leurs semences. S'ils ne veulent pas investir dans le travail nécessaire à la récolte sans certitude de vente, une approche intéressante à développer est de vendre les graines sur pied, qui seraient ainsi récoltées par l'acheteur, à un prix moindre puisque n'incluant pas le temps de récolte.

10. Temps de travaux

En année «zéro» de préparation, les temps de travaux sont légèrement augmentés par le semis du stylosanthes et un éventuel desherbage rallongé par la présence du stylosanthes s'il a été installé en même temps que la culture.

En revanche, les temps de travaux diminuent d'une année sur l'autre (sauf pour la récolte!) avec le semis direct sur une couverture végétale de stylosanthes, en particulier grâce à la réduction forte des travaux de désherbage qui passent de 30 à plus de 50 j/ha sur labour ou en année «zéro» (sans utilisation d'herbicide) à 0 à 5 j/ha sur une couverture de stylosanthes bien développé. Le temps de travail pour la préparation de la parcelle est équivalent dans les deux systèmes: 70 à 80 jours/ha pour un labour à l'*angady* ou un contrôle du stylosanthes par décapage à l '*angady*, 5 à 10 j/ha pour un labour à la charrue ou un contrôle du stylosanthes par roulage. Toutefois, la préparation de la couverture de stylosanthes se fait durant la saison sèche, période moins chargée qu'en début de saison des pluies. Le semis direct permet donc une réduction et surtout une meilleure répartition des temps de travail, allégeant les périodes critiques de la préparation des parcelles et du contrôle des adventices.

11. Rentabilité économique

Les performances économiques des associations proposées varient en fonction de l'itinéraire technique (niveau d'engrais en particulier), et des conditions de culture (climat, sols, pression des adventices et des insectes). De plus, les prix respectifs d'achat des intrants et de vente des produits récoltés ont un très fort impact sur la rentabilité des systèmes.

Les performances économiques varient également avec le nombre d'années de cultures en SCV : l'augmentation progressive des rendements et la baisse des temps de travaux permettent en effet d'améliorer d'année en année la rentabilité de ces systèmes. La difficulté est donc de proposer des systèmes qui permettent d'obtenir une rentabilité des investissements (intrants) et une valorisation du travail satisfaisantes dès la première année (qui est souvent une année "zéro" de préparation des SCV).

Sur la base des prix observés durant la campagne 2011/2012 (Raharison et al., 2012 [1]), l'évaluation économique (cf annexe 2 de ce manuel) de ces systèmes en milieu réel et sur un nombre significatif d'exploitations, montre :

* Sur **sols pauvres**, une marge brute élevée et une bonne valorisation du travail dès l'année «zéro» avec les systèmes pois de terre + stylosanthes et manioc + stylosanthes : 715 kAr/ha (255 Euros/ha) et 5 300 Ar/j (1,9 Euro/jour) en moyenne sur 85 parcelles avec du pois de terre, et 773 kAr/ha

[1] Raharison, T.; Penot, E. et FAFIALA. 2012. Les itinéraires techniques standards des systèmes diffusés dans le Moyen-Ouest pour la région Vakinankaratra- Zones Fafiala. Document de travail N° 52Collection BVPI/SCRID/FOFIFA/TAFA, Antananarivo. 37 p.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*

(276 Euros/ha) et 8 600 Ar/j (3 Euros/jour) pour le manioc, soit deux fois plus que le système traditionnel et deux à trois fois le coût d'opportunité du travail qui est de 2 500 à 3 000 Ar/j).

* Un maïs installé à faible densité **dans la «jachère» de stylosanthes** l'année suivante demande très peu d'investissement (10 kg de semences, 30 jours/ha de travail) et valorise très bien la journée de travail (7 700 Ar/j soit 2,75 Euros/j).

* **Après 2 à 3 ans de systèmes à base de stylosanthes**, le riz pluvial à faible apport de fertilisants (5 t/ha de fumier uniquement) permet une production de plus de 2 100 kg/ha (30 parcelles), procure ainsi une marge brute de 980 kAr/ha (350 Euros/ha) et rémunère la journée de travail à 7 000 AR/j (2,5 Euros/j). Le maïs (124 parcelles) procure une marge unitaire (460 kAr/ha soit 163 Euros/ha) et une valorisation du travail (3 800 Ar/j soit 1,4 Euros/j) plus faibles

* **Après 4 à 5 ans de systèmes à base de stylosanthes**, le riz pluvial accroît sa production à près de 2 400 kg/ha (moyenne de 54 parcelles), malgré de faibles apports de fertilisants (5 t/ha de fumier uniquement). Il procure ainsi une marge brute de 1 120 kAr/ha (400 Euros/ha) et rémunère la journée de travail à 8 000 Ar/j (2,9 Euros/j). Le maïs accroît dans les mêmes conditions sa production mais reste moins performant (530 kAr/ha soit 190 Euros/ha; 4 230 Ar/j soit 1,5 Euros/j).

Une fertilisation faible du riz ou du maïs (80 kg/ha de NPK et 80 kg/ha d'urée) n'est pas économiquement intéressante car elle ne permet qu'un gain de production inférieur à 300 kg/ha de céréale, pour un coût équivalent à plus de 500 kg/ha de paddy. Elle a cependant l'avantage de compenser les pertes par exportation des grains, et ainsi de maintenir la fertilité du sol, mais n'en permet pas son amélioration.

La plupart des paysans malgaches, quand ils appliquent de l'engrais, ne dépassent pas ces faibles doses, alors qu'en milieu contrôlé, des fertilisations «moyennes» (150 kg/ha NPK et 75 kg/ha urée) ou «fortes» (300 kg/ha NPK et 100 kg/ha urée) permettent un gain de production de 800 à plus de 2 000 kg/ha. L'investissement dans la fertilisation est ainsi bien valorisé, et il permet en plus une amélioration rapide de la fertilité du sol et une entrée rapide dans les systèmes SCV. Ces niveaux de fertilisation sont donc recommandés quand les investissements qu'ils représentent peuvent être faits et que les risques d'échec sont limités (semis précoce, traitement de semence, sol décompacté, etc.).



Riz pluvial après stylosanthes sur tanety hydromorphes en climat tropical humide

Au delà d'une amélioration des performances économiques, les systèmes à base de stylosanthes ont un intérêt indéniable dans des situations où ils permettent une culture de céréales sur des terres où les techniques traditionnelles ne permettent pas la production rentable de ces cultures très importantes :

* sur les ***tanety*** **hydromorphes pauvres en milieu tropical humide** (Côte Est de Madagascar). Sur ces milieux, seule la culture de riz est envisageable. Le développement du stylosanthes installé dans le riz se fait rapidement après la récolte, ce qui permet une forte production de biomasse par la légumineuse durant la même année. La culture de riz peut ainsi se faire chaque année sur ces parcelles. La restauration de la fertilité du sol est rapide et le contrôle des adventices se fait facilement par la plante de couverture.

* sur les **sols infestés de striga (Sud-Ouest et Moyen-Ouest)**, abandonnés par les paysans car ils ne permettent plus la culture de céréale. La couverture de stylosanthes (installé avec une culture non sensible au striga comme le pois de terre ou le manioc) permet de réduire très rapidement la pression du striga et d'améliorer la fertilité du sol.



Rendement élevé du maïs sur stylosanthes dans une parcelle auparavant infestée de striga. Moyen Ouest. Photo : L. Séguy

Ces systèmes SCV à base de stylosanthes sont donc particulièrement attractifs, ce qui explique leur diffusion rapide dans ces milieux.

Systèmes à base de *Stylosanthes guianensis*



Maïs et stylosanthes

En résumé

Systèmes très intéressants, permettant une entrée rapide en semis direct sur couverture végétale permanente:

✓ faciles à mettre en oeuvre;

✓ applicables dans de nombreuses situations: tous types de sols (y compris hydromorphes) et tous climats de Madagascar jusqu'à 1 200 m d'altitude;



✓ systèmes très souples, adaptés à des agricultures extensives ou intensives

✓ installation possible en association avec toutes les cultures, et systèmes très performants pour la culture de riz et de maïs;

✓ possibles avec un minimum d'intrants sur tous les sols, voire même sans engrais à condition d'adapter la culture principale à la fertilité;

✓ très bon contrôle des adventices, en particulier du striga;

✓ remise en culture possible sans herbicide la saison suivante;

✓ réduction des besoins et meilleure répartition du travail

✓ amélioration rapide de la fertilité du sol grâce à une très forte production de biomasse et la fixation d'azotes;

✓ bonne restructuration du sol;

✓ risques limités, tolérant les passages de feux

✓ très bonne rentabilité économique grâce à une augmentation de la fertilité et une baisse du travail;

Mais:

× besoin de contrôler les animaux pour éviter la divagation dans les climats qui ne permettent pas la production d'une très forte biomasse, et pendant la phase d'installation du stylosanthes

× choix des systèmes et itinéraires techniques à respecter pour éviter la compétition entre les plantes;

× temps de travail important pour la récolte des graines de stylosanthes.



Riz sur couverture de stylosanthes

Edition: GSDM/CIRAD Photos et mise en page: Olivier HUSSON Dessins: RAMAFA Contact: Olivier.husson@cirad.fr Site Web: http://agroecologie.cirad.fr





Husson O, Séguy L, Charpentier H, Rakotondramanana, Michellon R, Raharison T *et al*. (2013). Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar. GSDM/CIRAD. Antananarivo.

ISBN :978-2-87614-689-1

http://agroecologie.cirad.fr/content/keyword/madagascar et
http://gsdm-mg.org/documentations/scv-en-general/

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA
TAny sy FAmpandroasana

afd
AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère des Affaires étrangères

FFEM

Min Agri
Ministère de l'Agriculture



Annexes

Annexe 1. Flore des jachères et adventices des cultures

Annexe 2. Les bases de calculs économiques

Annexe 3. Les unités agronomiques

Annexe 4. Les SCV . Comment ça marche?

Annexe 5. Supports de formation avec les agriculteurs

Annexe 6. Le jeu de l'oie des SCV

Annexe 7. Catalogue des variétés de riz proposées à Madagascar

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère de l'Agriculture

Annexes



Flore des jachères et adventices des cultures



Annexe 1

Les principales plantes des jachères et adventices des cultures à Madagascar

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, François-Xavier CHABAUD,
Krishna NAUDIN, RAKOTONDRAMANANA, Lucien SEGUY

Août 2010

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

SD Madagascar
Semis Direct de Madagascar

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
Agence Française de Développement

FFEM

Ministère de l'Agriculture

Flore des jachères et adventices des cultures

Avant propos

La connaissance des principales plantes est un atout important pour une agronomie efficace, que ce soit en agriculture conventionnelle ou en semis direct sur couverture végétale permanente. La reconnaissance des adventices et la connaissance de leur comportement (cycle, mode de multiplication, etc.) sont indispensables pour raisonner les méthodes de lutte.

De nombreuses plantes donnent également des indications utiles sur le milieu où elles se développent : niveau de fertilité (sols dégradés, sols relativement riches, etc.), structure du sol (risques de compaction ou au contraire chances de trouver une bonne structure), régime hydrique, hydromorphie, etc.

Cette annexe, qui vise à fournir des informations pratiques sur les principales plantes des jachères et adventices des cultures complète donc logiquement le manuel pratique du semis direct à Madagascar.

Ce document n'a cependant pas l'ambition d'être exhaustif. Le choix des espèces présentées, nécessairement limitées en nombre, a été fait sur la base des espèces les plus fréquemment rencontrées dans les différents milieux dont traite ce manuel, en tenant compte de leur importance agronomique.

De nombreuses plantes présentées ici se retrouvent toutefois dans de très nombreuses régions du globe dans des zones agro-écologiques similaires, ce qui fait que les informations présentées ici peuvent être largement utilisées en dehors de Madagascar, pour toute la zone inter-tropicale. Les herbicides proposés sont des herbicides "classiques", homologués et facilement disponibles à Madagascar. Des herbicides non homologués ou non disponibles à Madagascar, plus récents et homologués en Europe/Amérique, sont parfois indiqués dans ce guide, pour en accroître la portée. A l'inverse, certains herbicides homologués à Madagascar sont d'usage restreint en Europe/Amérique, comme l'atrazine ou l'alachlore. Rappelons qu'ils ne sont proposés à Madagascar que dans un processus de conversion vers les SCV, et donc de manière temporaire, et en l'absence de produit efficace moins dangereux. Par ailleurs, des herbicides non homologués/disponibles à Madagascar, plus récents et homologués en europe, sont parfois indiqués dans ce guide, pour en accroître la portée.

Ce document, rédigé par des agronomes généralistes, n'est pas un travail de botaniste. Il n'a donc pas la prétention de donner des descriptions botaniques précises des plantes présentées, et ne fait pas reposer l'identification des plantes sur des clefs de détermination précises. Il s'arrête parfois au niveau du genre, sans identifier les espèces, quand un genre peut être "traité agronomiquement" de manière homogène (c'est à dire quand l'utilisation des plantes et leur mode de contrôle ne dépendent pas de l'espèce mais seulement du genre).

Il vise simplement à aider les agents de terrain à identifier rapidement et à se familiariser avec un certain nombre d'espèces, en espérant couvrir les principales plantes qu'il est bon de connaître lorsqu'on cherche à intervenir dans un milieu.



Flore des jachères et adventices des cultures



Utilisation de ce guide

La reconnaissance des plantes (pour celles qui sont présentées dans ce document) n'est basée que sur un index photographique. Les espèces/genres sont classés de manière à regrouper des plantes d'apparence proche. La classification des plantes (et leur présentation par la suite) ne respecte donc pas l'ordre alphabétique des espèces, ni parfois même les familles.

Cet index photographique renvoie ensuite à des fiches par plantes, qui sont illustrées de nouvelles photographies et permettent (autant qu'il a été possible) d'avoir une vision des plantes dans leur ensemble, ainsi que des images détaillées de divers organes (fleurs/inflorescences, graines, feuilles, etc.). La classification des fiches par plantes étant la même que l'index photographique, il est possible de comparer sur des détails des espèces proches qui pourraient être confondues en première approximation.

Ces fiches donnent également des renseignements généraux sur l'espèce/genre concerné : nom scientifique et synonymes éventuels, noms malgaches, description succincte, comportement, importance agronomique ; ainsi que des informations sur les méthodes de contrôle possibles.

La couleur du cadre permet de différencier rapidement les pestes végétales des adventices majeures et des plantes fréquentes mais ayant un impact agronomique limité. Des onglets de couleur mettent en avant des caractéristiques importantes de ces plantes, qui influencent en particulier les méthodes de contrôle (famille, plante annuelle ou vivace) et les milieux dans lesquels elles se développent : fertilité du sol, zone climatique, régime hydrique.

En fin de document, un index des noms scientifiques (avec les synonymes) renvoie à la fiche correspondante, en précisant les milieux de prédilection des différentes espèces. Un second index par noms malgaches renvoie au nom scientifique, et à la fiche correspondant à la plante en question.

Des tableaux de synthèse complètent les informations pour le contrôle de ces adventices, en présentant les possibilités d'application sur les cultures et l'efficacité de différents herbicides courants sur les 83 espèces présentées (dans le cas où un contrôle chimique s'avèrerait nécessaire).

Rappelons cependant qu'en semis direct sur couverture végétale permanente, le contrôle des adventices se fait avant tout par l'utilisation de couvertures végétales, et que l'emploi d'herbicide sélectif est normalement limité à la première année de préparation du semis direct (qui se fait souvent avec labour) ou en cas "d'accident" (biomasse insuffisante). Certaines plantes utilisées comme couverture végétale sont capables de contrôler la plupart des adventices, que ce soit par compétition ou par effets allélopathiques (substances proches des herbicides de pré-émergence libérées soit par les racines des plantes vivantes, soit lors de la décomposition de leur pailles). Une couverture morte de sorgho par exemple est capable de contrôler des pestes végétales comme *Cyperus rotundus ou Euphorbia heterophylla* (qui resiste à la plupart des herbicides que ce soit de post-émergence ou totaux, mais n'est heureusement pas développée à Madagascar). Des plantes comme le sarrasin ou l'artemisia peuvent également assurer un contrôle efficace des adventices et sont très intéressantes à associer dans des couverts végétaux à forte biodiversité fonctionnelle. Cette fonction de contrôle naturel des adventices par la couverture végétale en semis direct est d'autant plus importante qu'elle permet de contrôler les principales pestes végétales pour lesquelles les herbicides sont peu efficaces et/ou trop coûteux, comme le striga.

Informations sur le contrôle de la plante

Informations générales sur la plante



Nom scientifique: *Cynodon dactylon*

Synonymes: *Panicum dactylon, Capriola dactylon*

Noms malgaches: Rapanitra, Chiendent, Ahipalana, Fandrotrarana, etc.

Famille: Poaceae

Description et comportement:
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, rampante, de 30-50 cm.
Feuilles glabres sur la face inférieure.
Système racinaire fasciculé puissant.
Reproduction par graines, rhizomes et stolons.

Fréquence et importance agronomique:
Très fréquente, adventice majeure des cultures. Son système racinaire puissant fait que les sols sous Cynodon (bien développé) ont en général une **bonne structure**. Ces sols peuvent être directement remis en culture en semis direct, sans travail du sol, après contrôle à l'herbicide.



Graminées C4

Plante à feuilles larges

Cypéracée

Graminée

C3 ou C4 :
Type de métabolisme
Les plantes non renseignées sont probablement de type C3

Plante vivace

Plante vivace

Plante annuelle

Plante indicatrice de conditions favorables

Plante indicatrice de conditions défavorables

Contrôle: En rizières irriguées, la submersion prolongée l'élimine progressivement. Le contrôle mécanique du cynodon est très difficile. Il nécessite au minimum un labour en fin de saison des pluies (afin d'exposer les rhizomes au soleil durant la saison sèche) puis un second labour en début de saison des pluies.. Le chiendent est résistant à la plupart des herbicides de pré-levée ou de post-levée. Par contre, il est très bien contrôlé par le glyphosate qui permet de l'utiliser comme couverture végétale pour un semis direct.: 1800 à 2160 g/ha pour une destruction totale (couverture morte), 720 à 1080 g/ha pour un contrôle temporaire (45 jours, pour une couverture vive).



Tous milieux

Sols moyennement riches à riches

Toutes zones

Tanety et baiboho (sols exondés)

Rizières

Tous milieux

Sols pauvres

Bords de champs et friches

Sols moyennement riches à riches

Tous types de sol

Zones sèches

Zones humides

Basse altitude (< 800 m)

Zones d'altitude (> 600 m)

Toutes zones

Peste végétale, fréquente et difficile à contrôler

Adventice, fréquente mais contrôlable

Plante à faible incidence sur les cultures

Flore des jachères et adventices des cultures

INDEX

Plantes à feuilles larges



Bidens pilosa
Asteraceae



Tridax procumbens
Asteraceae



Galinsoga parviflora
Asteraceae



Siegesbeckia orientalis
Asteraceae



Eclipta alba
Asteraceae



Scoparia dulcis
Scrophulariaceae



Parthenium hysterophorus
Asteraceae



Conyza spp.
Asteraceae



Tithonia diversifolia
Asteraceae



Sonchus oleraceus
Asteraceae



Crassocephalum spp.
Asteraceae



Ageratum conyzoïdes
Asteraceae

Flore des jachères et adventices des cultures

Plantes à feuilles larges

INDEX



Cosmos caudatus
Cosmos sulphureus
Asteraceae



Catharanthus roseus
Apocynaceae



Urena lobata
Malvaceae



Cleome hirta
Capparaceae



Verbena sp.
Verbenaceae



Stachytarpheta indica
Verbenaceae



Heliotropium indicum
Boraginaceae



Hyptis suaveolens
Lamiaceae



Mimosa spp.
Mimosaceae



Sesbania spp.
Fabaceae



Aeschynomene americana
Fabaceae



Phyllanthus amarus
Euphorbiaceae

Flore des jachères et adventices des cultures

INDEX

Plantes à feuilles larges



Borreria alata
Rubiaceae



Mitracarpus hirtus
Rubiaceae



Richardia scabra
Rubiaceae



Elephantopus mollis
Elephantopus scaber
Asteraceae



Acanthospermum hispidum
Acanthospermum australe
Asteraceae



Corchorus olitorus
Tiliaceae



Sida spp.
Malvaceae



Waltheria indica
Sterculiaceae



Portulaca oleracea
Portulacaceae



Tribulus terrestris
Tribulaceae



Argemone mexicana
Papaveraceae

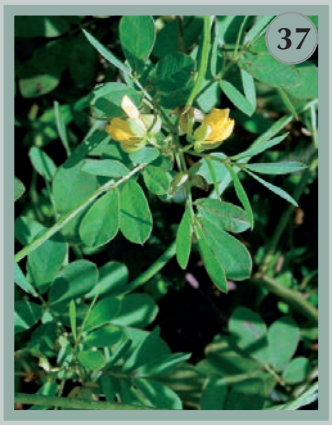


Ludwigia spp.
Onagraceae

Flore des jachères et adventices des cultures

Plantes à feuilles larges

INDEX



Cassia spp.
Fabaceae



Crotalaria spp.
Fabaceae



Desmodium spp.
Fabaceae



Indigofera hirsuta
Fabaceae



Commelina benghalensis
Commelinaceae



Oxalis spp.
Oxalidaceae



Centella asiatica
Apiaceae



Boerhaavia diffusa
Nyctaginaceae



Chamaesyce hirta
Euphorbiaceae



Gnaphalium spp.
Asteraceae



Melastoma spp.
Melastomaceae



Lantana camara
Verbenaceae

Flore des jachères et adventices des cultures

INDEX

Plantes à feuilles larges



Achyranthes aspera
Amaranthaceae



Amaranthus spp.
Amaranthaceae



Chromolaena odorata
Asteraceae



Trichodesma zeylanica
Boraginaceae



Abelmoschus moschatus
Malvaceae



Leonotis nepetaefolia
Lamiaceae



Striga asiatica
Scrophulariaceae

Cypéracées



Cyperus rotundus
Cyperus esculentus
Cyperaceae



Cyperus spp.
Cyperaceae



Fimbristylis spp.
Cyperaceae



Kyllinga spp.
Cyperaceae

Flore des jachères et adventices des cultures

Graminées

INDEX



Andropogon spp.
Hyparrhenia spp.
Poaceae



Aristida spp.
Poaceae



Sporobolus spp.
Poaceae



Heteropogon contortus
Poaceae



Setaria spp.
Poaceae



Pennisetum polystachion
Poaceae



Imperata cylindrica
Poaceae



Rhynchelytrum repens
Poaceae



Panicum spp.
Poaceae



Eragrostis spp.
Poaceae



Leersia hexandra
Poaceae



Oryza longistaminata
Poaceae

Flore des jachères et adventices des cultures

INDEX

Graminées



Digitaria horizontalis
Poaceae



Thelepogon elegans
Poaceae



Cynodon dactylon
Poaceae



Eleusine indica
Poaceae



Dactyloctenium aegyptium
Poaceae



Paspalum conjugatum
Poaceae



Brachiaria spp.
Poaceae



Echinochloa spp.
Poaceae



Stenotaphrum secundatum
Poaceae



Ischaemum rugosum
Poaceae



Roettboellia cochinchinensis
Poaceae



Cenchrus echinatus
Poaceae

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Bidens pilosa*

Noms malgaches : Tsipolitra, Anantsinahy, Trakavola

Famille : Asteraceae

Feuilles larges C3



Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, ramifiée, érigée, de 30 à 120 cm, à cycle très court. Tige quadrangulaire, creuse, légèrement cannelée. Racine pivotante. Feuilles opposées, de 5 à 10 cm, avec 3 à 5 lobes. Multiplication par graines uniquement, transportées par les animaux, non dormantes. La germination a lieu après un cumul de pluies (réserve en eau du sol suffisante).

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente et abondante, c'est une adventice majeure des cultures sur **sols relativement riches**, non hydromorphes. *B. pilosa* a des effets allélopathiques marqués. C'est un hôte de *Cercospora megalapotimica, Uromyces bidenticola* et de nématodes : *Meloidogyne sp., Paratylenchus minuta.*
Les feuilles, au stade jeune, sont consommées par les malgaches.

Contrôle :
Le contrôle manuel de *B. pilosa* est très exigeant en temps. Son contrôle chimique est assez facile et peu coûteux : atrazine ou diuron en pré-levée. 2,4-D ou glyphosate sur jeunes plantes, 2,4-D + glyphosate sur plantes adultes.
B. pilosa est bien contrôlé par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Tridax procumbens*

Noms malgaches : Angamay, Kelivoloina

Famille : Asteraceae

Feuilles larges C3



Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, semi-érigée, de 15 à 30 cm. Tige florale cylindrique, poilue. Un capitule par tige. Racine pivotante et profonde. Départ de racines à chaque noeud. Feuilles opposées, simples, découpées, poilues, de 4 à 6 cm.
Multiplication par graines (jusqu'à 1 500 graines/plante) déssiminées par le vent, et bouturage lors des sarclages.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente, adventice importante sur **sols relativement riches**.
Utilisation en pharmacopée : antiviral, antibiotique.

Contrôle :
Le contrôle manuel de *T. procumbens* est très exigeant en temps. Son contrôle chimique est facile et peu coûteux : atrazine ou diuron en pré-levée. Bentazone, 2,4-D ou glyphosate sur jeunes plantes, 2,4-D + glyphosate sur plantes adultes.
T. Procumbens est bien contrôlé par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Galinsoga parviflora*
Synonyme : *Tridax parviflora*
Noms malgache : Anambito, anambahiny
Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée, de 20 à 60 cm de haut. Tige glabre. Feuilles opposées, dentelées, de 2 à 4 cm. Reproduction par graines uniquement. Fleurs jaunes en capitules. Inflorescences fixées à la base des feuilles ou à l'extrémité de tiges ramifiées. Ramifications dichotomiques (allant par deux). Les graines sont des akènes portées par de petites aigrettes (quelques mm), emportées par le vent.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Adventice fréquente des cultures, sur **sols relativement riches**.

Contrôle : Le contrôle manuel de *G. parviflora* est exigeant en temps. Chimiquement, elle est facilement contrôlée : alachlore, atrazine, diuron ou oxadiazon en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.
G. parviflora est bien contrôlée par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Siegesbeckia orientalis*
Synonymes : *S. glutinosa*
Noms malgaches : Mandalodiaraikitra, Satrikoazamaratra, Tsivadihana
Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, herbacée, érigée, de 40 à plus de 100 cm de haut. Feuilles opposées, dentelées. Limbe velu avec nervures pourpres. Reproduction par graines uniquement. Fleurs jaunes, en inflorescences (groupes de 3 capitules) soutenues par des feuilles poilues et collantes.

Feuilles larges



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Adventice fréquente des cultures, sur **sols relativement riches**.

Contrôle :
Le contrôle manuel de *S. orientalis* est exigeant en temps. Chimiquement, elle est facilement contrôlée : diuron ou oxadiazon en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.
S. orientalis est bien contrôlée par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Eclipta alba*

Synonymes : *Eclipta erecta, Eclipta prostrata*

Noms malgaches : Ahimarana, Kelibehazo

Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée (parfois semi-prostrée), de 30 à 80 cm de haut. Tige poilue et colorée (brun-rouge). Système racinaire puissant.
Reproduction par graines. Fleurs blanches, regroupées dans des têtes florales de 6 à 8 mm.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente, dans les lieux humides.
S'adapte bien aux conditions salées.
Hôte intermédiaire de nématodes comme *Meloïdogyne spp.*

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle :
Le contrôle manuel de *E. alba* est exigeant en temps quand elle est abondante. Chimiquement, elle est facilement contrôlée au 2,4-D amine ou au glyphosate, sur plantes jeunes ou âgées.
Elle est bien contrôlée par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente à condition d'avoir une couverture suffisante.



Tous milieux | Tous types de sols | Toutes zones



Nom scientifique : *Scoparia dulcis*

Synonymes : *S. grandiflora, S. ternata, Capraria dulcis, Gratiola micrantha*

Noms malgaches : Tsobolo, Famaha, Kifafa

Famille : Scrophulariaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle ou vivace, herbacée, très ramifiée, érigée, de 20 à 70 cm de haut.
Tige polygonale. Racine pivotante. Feuilles oblongues, groupées par trois (verticilles).
Reproduction par graines. Fleurs blanches de 3 à 8 mm, sur un pédoncule inséré à l'aisselle des feuilles, solitaires ou par paires.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les bords de route ou de champs.
Usage pharmacologique anti-ulcère et anti-acide.

Feuilles larges



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle :
Plante en général peu abondante dans les cultures.
Son contrôle manuel peut se faire par arrachage.
Chimiquement, elle est contrôlée au 2,4-D.

Les graines peuvent germer au dessus du sol.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique: *Parthenium hysterophorus*
Synonymes: *P. lobatum, Argyrochaeta bipinnatifida*
Nom malgache: Marorokamboa
Famille: Asteraceae
Description et comportement:
Dicotylédone annuelle herbacée, de type intermédiaire C3-C4, érigée, de 30 à 40 cm mais pouvant dépasser 150 cm de haut. Tige cylindrique. Feuilles alternées, fortement découpées en lanières (surtout les feuilles de la base. Moins découpées au sommet). Inflorescences blanches, groupées par 4 ou 5. Reproduction par graines uniquement. Très prolifique (jusqu'à 100 000 graines par plante, qui ont une germination très rapide). Plante aromatique.

Feuilles larges C3-C4



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique:
Peu fréquente, elle se développe sur les espaces perturbés, ombragés et légèrement humides. Elle peut dominer les espèces natives et les pâturages, en partie par production de substances allélopathiques.

Contrôle:

Plante en général peu abondante dans les cultures.
Son contrôle manuel peut se faire par arrachage.
Chimiquement, elle est contrôlée au 2,4-D.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**



Nom scientifique: *Conyza spp. (ou Erigeron)*
dont: *C. bonariensis, C. orientalis, C. garnieri*
Noms malgaches: Keliravina (*C. aegyptiacum*), Andrianomiomdrika (*C. garnieri*), Maitsoririnina, Ahibahiny (*C. naudini*), etc.
Famille: Asteraceae
Description et comportement:
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée, poilue (tiges et feuilles), de 60 à 120 cm de haut.Feuilles élancées, dentelées, alternées, de 10 à 15 cm. Racine en pivot avec de nombreuses racines fines. Fleurs groupées dans des têtes, regroupées en inflorescences de la base des feuilles au sommet de la plante. Reproduction par graines soyeuses, transportées par le vent.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente dans les endroits ensoleillés, sur **sols relativement riches**.

Contrôle: Le contrôle manuel de *Conyza spp.* est exigeant en temps. Chimiquement, ces espèces sont facilement contrôlées: diuron, atrazine ou oxadiazon en pré-levée ou post-levée précoce; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.
Elles sont bien contrôlées par un paillage et disparaissent progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente à condition d'avoir une couverture suffisante.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Tithonia diversifolia*

Synonyme : *Mirasolia diversifolia*

Noms malgaches : Tithonia

Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone vivace (parfois annuelle), érigée, buissonnante, de 100 à plus de 280 cm de haut. Tiges se lignifiant avec l'âge. Feuilles de formes variées.Fleurs jaunes/oranges, de type "marguerite", à odeur de miel, très appréciées des abeilles. Reproduction par graines (production importante) et végétativement par stolons.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les **sols carencés en phosphore** (elle a la capacité à mobiliser le phosphore peu disponible du sol), perturbés, en bordure de champs, jachères, etc. Rare dans les champs cultivés.

Feuilles larges



Plante vivace

Contrôle : Le tithonia est rarement abondant dans les parcelles cultivées et peut être simplement arraché.
Les jachères colonisées par cette espèce peuvent être utilisées pour remise en culture en semis direct en utilisant son importante biomasse comme couverture végétale (qui restitue au sol N, P et K en quantité). Il est alors fauché puis traité au 2,4-D amine après reprise.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Zones d'altitude (> 600m)**



Nom scientifique : *Sonchus oleraceus*

Noms malgaches : Anamboraka, Majajay, Beroberobazaha

Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (parfois bisannuelle), de type C3, herbacée, érigée, de 40 à 130 cm de haut.
Feuilles de la base différentes des autres, qui sont plus larges et très dentées.Racine pivotante.
Fleurs jaunes regroupées dans des têtes aplaties au sommet des tiges, laiteuses et laineuses.
Reproduction par graines uniquement, très nombreuses (jusqu'à 100 000 par plante).

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente dans les champs.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle : Le contrôle manuel de *S. oleraceus* est exigeant en temps. Chimiquement, il est facilement contrôlé : diuron, atrazine ou pendimethaline en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.
Il est bien contrôlé par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente à condition d'avoir une couverture suffisante.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

11



Crassocephalum crepidioïdes

Nom scientifique : *Crassocephalum spp.*
dont : *C. crepidioïdes, C. rubens, C. bojeri,* etc.
Noms malgaches : Vahivandana (*C. bojeri*), Anandrambo (*C. crepidioïdes*)
Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle herbacée, érigée, de 40 à plus de 150 cm de haut. Feuilles alternées, de forme variable, souvent avec deux lobes à la base.Bas de la plante et tiges inférieures rougeâtres. Fleurs rouges, groupées dans des têtes, au sommet des tiges.
Système racinaire pivotant, peu puissant.

Feuilles larges



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Adventice fréquente des cultures, sur **sols relativement riches**.

Contrôle : L'arrachage manuel de *Crassocephalum spp.* est facile mais exigeant en temps. Chimiquement, ces espèces sont facilement contrôlées : diuron ou oxadiazon en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.
Crassocephaum spp. sont bien contrôlées par un paillage et disparaissent progressivement en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

12



Nom scientifique : *Ageratum conyzoïdes*
Noms malgaches : Ananjazavavy, Andranopatsaka, Hanitrimpantsaka, Fotsyvony, Ahipatsaka
Famille : Asteraceae
Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée, poilue (tiges et feuilles), de 30 à 80 cm de haut, à cycle très court. Feuilles opposées, molles, de 4 à 9 cm. Plante aromatique (forte odeur des plantules écrasées). Tige couverte de fins poils blancs. Fleurs (bleues puis blanchâtres) groupées en têtes, rassemblées en paquets au sommes des tiges. Reproduction par graines uniquement. Les graines (jusqu'à 40 000 par plante), transportées par le vent et l'eau, sont non dormantes et peuvent germer dès qu'elles sont au sol (plante non photopériodique ce qui lui permet de compléter deux cycles par an), mais ont une durée de vie très courte (un an).

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique : Plante très fréquente et abondante dès que l'humidité est suffisante. *A. conyzoïdes* a des effets allélopathiques marqués sur de nombreuses plantes, dont le riz, et des effets insecticides. C'est aussi une plante hôte de nombreux parasites et maladies : *Cercosporia agerati, Meloidogine spp., Pratylenchus spp., Rotylenchus spp.*, virus de la mosaïque du tabac, etc.
Contrôle : Le contrôle manuel d'*A. conyzoïdes* est très exigeant en temps. Chimiquement, elle est facilement contrôlée : alachlore, atrazine, diuron ou oxadiazon en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées. *A. conyzoïdes* est bien contrôlée par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale.

Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

13


Cosmos caudatus

Nom scientifique : *Cosmos caudatus* (= *C. bipinnatus*) et *Cosmos sulphureus*

Noms malgaches : Anantsinahivazaha, Arakanjely

Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédones annuelles (parfois bisannuelles), de type C3, herbacées, érigées, de 70 à plus de 250 cm de haut, aromatiques.
Feuilles opposées, triangulaires, très découpées, de 2,5 à 20 cm de long, vert foncé sur le dessus et vert clair en dessous.
Fleurs groupées en têtes, portées par un pédoncule de 5 à 25 cm de long, associées en inflorescences. Les fleurs sont jaunes/oranges et chaque tête comporte 8 bractées (violettes, mauves ou blanches chez *C. caudatus*, oranges chez *C. sulphureus*).

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique : A Madagascar, *C. caudatus* se développe au dessus de 1000 m.d'altitude, alors que *C. sulphureus* se retrouve en dessous de 1200 m. Fréquentes en bordures d'habitations, dans des endroits ensoleillés, pas trop humides, sur sol relativement fertile. Non appétées par les animaux.
Contrôle : Plantes peu nuisibles (et décoratives!), elles peuvent être simplement arrachées si nécessaire.


Cosmos sulphureus Photo : R. Michellon

Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Zones d'altitude (> 600m)**

14



Nom scientifique : *Catharanthus roseus*

Synonyme : *Vinca rosea, Pervinca rosea*

Noms malgaches : Pervenche de Madagascar, Sarita, Felabaratra, Heladolo

Famille : Apocynaceae

Description et comportement :
Dicotylédone vivace, herbacée, érigée, de 30 à 80 cm de haut, aromatique. Racine pivotante puissante. Tige contenant un latex toxique.
Feuilles entières, opposées, ovales, de 2 à 8 cm.
Fleurs à cinq lobes, mauves ou blanches, avec un coeur rouge/fuchsia. Reproduction par graines.
Hallucinogène, elle contient de nombreux alcaloïdes et a de très nombreuses vertus thérapeutiques : anti-cancérigène, anti-paludique, etc.

Feuilles larges



Plante vivace

Fréquence et importance agronomique : Endémique de Madagascar, elle est peu nuisible. Elle est particulièrement résistante à la sécheresse. Non appétée par les animaux.

Contrôle :

C. roseus peut être facilement contrôlée par arrachage.

Cependant, elle n'est pas considérée comme une adventice et est en général conservée dans les champs pour ses très nombreuses utilisations médicinales.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Urena lobata*

Synonymes : *U. trilobata, U. tricuspis, U. sinuata*

Noms malgaches : Besofina, Pampaho, Soritsora

Famille : Malvaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (ou bisannuelle), herbacée, érigée, de 50 à plus de 100 cm de haut. Système racinaire puissant avec un pivot principal et des racines latérales. Tige ligneuse. Feuilles trilobées, poilues de couleur gris-vert. Fleurs mauves à blanchâtres. Reproduction par graines, produites toute l'année, dormantes.

Feuilles larges



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente, sur les bords de routes et endroits perturbés. Non appétée par les animaux. Son abondance est souvent indicatrice d'un **sol compacté**.
Utilisé en pharmacopée : antibactérien, antiglycémie, anti-oxydant, etc.

Contrôle :
Plante en général peu abondante dans les cultures.
Son contrôle manuel peut se faire par arrachage des jeunes plantes ou décapage des plants âgés.
Chimiquement, il est contrôlé au 2,4-D.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Cleome hirta*

Noms malgaches : Akondronjaza, Anantsifotra

Famille : Capparaceae (= Capparidaceae)

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3 (*C. hirta*, des espèces de Cleome étant intermédiaires entre C3 et C4, ou de type C4) herbacée, gluante, érigée, de 30 à 90 cm de haut.
Grosse racine en pivot.Feuilles très découpées, avec 5 à 9 folioles.Cycle très rapide avec production d'une première fleur après 15 jours. La floraison est étalée pendant toute la croissance de la plante. Fleurs mauves. Reproduction par graines uniquement, produites en quantité.

Feuilles larges C3-C4



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en bordure de champs, peu nuisible. Non appétée par les animaux. Huile essentielle répulsive d'insectes (tiques, charançons, etc.)

Contrôle :
En général peu abondant, on peut facilement contrôler le cléome par arrachage des plantes. On peut aussi le contrôler par application de 2,4-D amine ou de glyphosate.
Par contre, le travail du sol déclenche la germination des graines. *C. hirta* est facilement contrôlé en semis direct sur couverture végétale permanente.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

17



Nom scientifique : *Verbena sp.*

Noms malgaches : Tsimihana

Famille : Verbenaceae

Description et comportement :
Dicotylédone vivace ou annuelle, herbacée, érigée, de 50 à 150 cm de haut.
Tige carrée. Feuilles très fines, opposées, portées essentiellement à la base. Fleurs mauves à 5 pétales soudés à la base, formant un tube, groupées en épis, regroupés en inflorescences portées par de longs pédoncules.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en bordure de champs.
Peu nuisible.
Non appétées par les animaux.

Feuilles larges



Plante vivace

Plante annuelle

Contrôle :

Plante rarement abondante dans les parcelles cultivées.

Un simple arrachage permet de la contrôler si nécessaire.



Tanety et baiboho (sols exondés)

Bords de champs et friches

Zones d'altitude (> 600m)

18



Nom scientifique : *Stachytarpheta indica*

Synonymes : *S. angustifolia, S. jamaicensis, Verbena indica*

Noms malgaches : Feboha, Tonga, Ananaomby

Famille : Verbenaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (parfois semi-vivace), herbacée, érigée, de 30 à 150 cm de haut.
Tige quadrangulaire. Feuilles simples, ovales de 2 à 8 cm de long, souvent poilues, dentelées.
Système racinaire avec pivot principal et racines latérales. Reproduction par graines. Fleurs violettes, sur un épi allongé, avec floraison étagée.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en bords de champs et endroits perturbés. Peu nuisible.
Non appétée par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Contrôle :
Plante en général peu abondante dans les cultures. Son contrôle manuel peut se faire par arrachage. Chimiquement, elle est contrôlée au 2,4-D.
Le travail du sol déclenche la germination des graines, même en fin de saison des pluies. *S. indica* est facilement contrôlée en semis direct sur couverture végétale.



Tanety et baiboho (sols exondés)

Bords de champs et friches

Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Heliotropium indicum*

Synonyme : *Heliotropium africanum*

Noms malgaches : Adabondolo, Anamboay

Famille : Boraginaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C4, herbacée, érigée, de 30 à 80 cm de haut.Tige anguleuse, poilue. Feuilles vert pâle, alternées, ovales, à nervures bien marquées. Reproduction par graines. Fleurs bleu clair, reparties sur un long épi (10 cm environ, enroulé au sommet), à maturité étagée, alignées sur deux rangées, et qui sont toutes orientées vers le soleil.

Feuilles larges C4



Plante annuelle

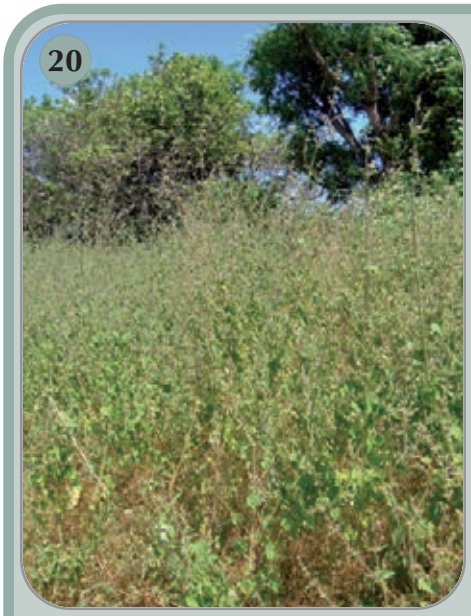
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les bords de parcelles. Non appétée par les animaux. Utilisée en pharmacopée : anti-inflammatoire, etc.

Contrôle :

Plante en général peu abondante dans les cultures.
Son contrôle manuel peut se faire par arrachage.
Chimiquement, elle est contrôlée au 2,4-D (et à l'oxyfluorfen, non disponible à Madagascar).



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords des champs et friches | Toutes zones



Nom scientifique : *Hyptis suaveolens*

Synonyme : *Ballota suaveolens*

Noms malgaches : Afolava, Sangasanga

Famille : Lamiaceae = Labiatae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, herbacée, sub-buissonnante, aromatique, érigée, de 50 à 200 cm.
Tige carrée, creuse, poilue. Feuilles simples, opposées, poilues. Système racinaire pivotant. Fleurs bleu-mauve à 5 pétales, groupées en glomérules poilus. Reproduction par graines.
Production de substances allélopathiques.

Feuilles larges



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en bordure de champs.
Utilisation en pharmacopée contre la dysenterie. Non appétée et même considérée comme dangereuse pour le bétail.

Contrôle :
En général peu abondante dans les champs cultivés. Elle peut devenir envahissante et dominer la végétation naturelle.
Chimiquement, elle est facilement contrôlée : diuron ou atrazine en pré-levée ou post-levée précoce ; 2,4-D amine ou glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Basse altitude (< 800 m)

Flore des jachères et adventices des cultures

21


Mimosa pudica

Nom scientifique : *Mimosa spp.*
dont : *M. pudica, M. invisa, M. pigra*
Noms malgaches : Amboafotsikely, Anakoay (*M. pudica*)
Famille : Mimosaceae
Description et comportement :
Dicotylédones vivaces, herbacées à tiges ligneuses, buissonnantes, épineuses. *M. pudica,* est rampante (10 à 100 cm), alors que *M. pigra* est érigée et peut atteindre 300 cm de haut. Elle se rencontre sur les bords des cours d'eau. Feuilles alternées, bipennées, avec nombreuses folioles. Sensitives (en particulier *M. pudica*). Fleurs groupées en boules mauves, ou roses. Multiplication par graines essentiellement.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquentes en bordure de parcelles, elles peuvent devenir envahissantes. Non appétées par les animaux.

Feuilles larges


Mimosa invisa

Plantes vivaces

Contrôle : Les épines rendent le contrôle manuel très pénible. Plantes vivaces, elles demandent des doses élevées d'herbicide (glyphosate + 2,4-D). Il est donc très important de les contrôler dès leur apparition sur les bordures, pour éviter leur propagation, d'autant plus qu'elles sont très nuisibles.
Seul *M. invisa*, moins épineux et plus facile à contrôler peut être utilisé comme couverture pour un semis direct.


Mimosa pigra

Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

22


Sesbania bispinosa (annuelle)

Nom scientifique : *Sesbania spp.*
dont : *S. sesban, S. bispinosa = S. pachycarpa, etc.*
Nom malgache : Katsakatsa
Famille : Fabaceae
Description et comportement :
Dicotylédones annuelles ou vivaces, herbacées, érigées ou rampantes (selon les espèces), de 50 à plus de 500 cm selon les espèces. Racine pivotante. Tige parfois cannelée. Feuilles sensitives, alternées, composées de très nombreuses folioles (20 à 60 paires). Fleurs jaunes en général, en petites grappes. Multiplication par graines uniquement. Fixation d'azote importante.
Fréquence et importance agronomique :
S. bispinosa est fréquente sur **sols hydromorphes**, dans les rizières et peut devenir envahissante.
De nombreux sesbania sont de bon fourrages, très riches en protéines.

Feuilles larges


Sesbania sesban

Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle :

Plantes en général peu invasives, faciles à contrôler.
S. bispinosa peut devenir gênante dans les rizières. Elle peut être facilement arrachée. Pas d'information sur la sensibilité aux herbicides mis à part le glyphosate qui permet de la contrôler.



Tous milieux | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

23



Nom scientifique: *Aeschynomene americana*

Synonymes: *A. mimulosa, A. glandulosa, A. javanica*

Noms malgaches: Ramianoka, Anjananjana

Famille: Fabaceae

Description et comportement:
Dicotylédone annuelle ou vivace (2 à 3 ans), de type C3, herbacée, érigée, de 50 à 150 cm de haut. Système racinaire peu puissant. Tiges poilues, se lignifiant avec l'âge. Feuilles pennées, de 3 à 8 cm de long, avec de nombreuses paires de folioles (jusqu'à plus de 35), se refermant la nuit, et au toucher. Fleurs roses ou mauve pâle, portées par des inflorescences lâches. Gousses de 3 à 9 segments bien marqués qui se séparent à maturité.

Fréquence et importance agronomique:
Assez fréquente dans les milieux humides. Bon fourrage, très riche en protéines, à capacité de fixation d'azote importante.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle:
De manière générale, peu nuisible. Arrachage manuel facile.
Le contrôle chimique est assez difficile. Résistante à la plupart des herbicides de pré-levée (sauf au quinclorac, non disponible à Madagascar). Tolérante au 2,4-D au stade adulte. Contrôle possible au glyphosate avant mise en culture.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

24



Nom scientifique: *Phyllanthus amarus*

Synonyme: *Phyllanthus niruri*

Noms malgaches: Malinidravy, Ambanitsihy

Famille: Euphorbiaceae

Description et comportement:
Dicotylédone annuelle (à cycle très court), de type C3, herbacée, érigée, de 20 à 60 cm de haut. Racine pivotante. De nombreux rameaux horizontaux partent de la tige principale. Ils sont couverts de feuilles simples, oblongues, qui les font ressembler à des feuilles composées. Les feuilles portent des petites fleurs verdâtres, puis les graines, à leur base, sous les rameaux. Reproduction principalement par graines.

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente en milieu humide, elle peut devenir abondante et nuisible. Indicateur de **sol relativement riche.** Peu appétés par les animaux.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle:
Le travail du sol déclenche la germination. Le contrôle manuel demande un important travail. Contrôle chimique possible en pré-levée (atrazine, alachlore, oxadiazon ou diuron) ou en post-levée (2,4-D et/ou glyphosate) au stade jeune ou sur plantes adultes.
Une couverture végétale importante permet de la contrôler.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Borreria alata*

Synonymes : *B . latifolia, Spermacoce alata, S. latifolia*

Noms malgaches : Fagandala, Fesaho

Famille : Rubiaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée ou semi-prostrée, de 20 à 80 cm de haut. Tige carrée, épaisse, poilue aux angles. Racine pivotante.Feuilles opposées, décussées, entières, de 3 à 8 cm de long. Nervures marquées. Petites fleurs blanches en inflorescences à la base des feuilles, à floraison étagée. Reproduction par graines essentiellement, produites en très grand nombre.

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente et nuisible, la production de graines en très grand nombre en fait une plante très abondante. Elle apparaît souvent après la remise en culture de jachères herbacées. Pas appété par les animaux.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle : Son contrôle manuel est très exigeant en temps et difficilement réalisable. Les plantes âgées sont résistantes à la plupart des herbicides. Le contrôle chimique ne peut se faire qu'en pré-levée (diuron de préférence, oxyfluofen, atrazine ou oxadiazon) ou sur de jeunes plantes au 2,4-D et/ou glyphosate. Il est sensible à tous les stades au glufosinate (non disponible à Madagascar). Capable de se développer à travers un paillage peu épais. Il est indispensable de le contrôler dès son apparition et d'éviter de la laisser grainer.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones



Nom scientifique : *Mitracarpus hirtus*

Synonymes : *M. scaber, M. verticcilatum*

Nom malgache : Fengalala

Famille : Rubiaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée ou semi-prostrée, de 20 à 60 cm de haut. Tiges quadrangulaires, ramifiées, colorées (brun-noir), très poilues. Racine pivotante. Feuilles opposées, décussées, entières, de 2 à 6 cm de long. Nervures très marquées. Petites fleurs blanches groupées en inflorescences à la base des feuilles (8 à 30 fleurs par inflorescence). Reproduction par graines essentiellement dont la germination est étalée (plante plus abondante en fin de cycle).

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente et abondante, il peut être très nuisible. Pas appété par les animaux.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle : Le contrôle manuel de *M. hirtus* est exigeant en temps. Son contrôle chimique se fait en pré-levée (atrazine, oxadiazon ou diuron), ou en post-levée (2,4-D et/ou glyphosate), y compris sur des plantes âgées. Son contrôle est donc beaucoup plus facile que pour *Borreria alata*, d'autant plus que *M. hirtus* est relativement bien contrôlé par une couverture végétale. Il est donc très important de ne pas confondre ces deux espèces.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols pauvres | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

27



Nom scientifique : *Richardia scabra*

Synonyme : *Richardsonia pilosa*

Famille : Rubiaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, herbacée, prostrée, de 20 à 60 cm de haut. Tiges quadrangulaires, ramifiées, colorées (brun-rouge), très poilues. Racine pivotante. Feuilles opposées, décussées, entières, de 1 à 4 cm de long, larges, poilues. Fleurs blanches groupées en inflorescences à la base des feuilles (5 à 25 fleurs par inflorescence). Reproduction par graines essentiellement.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente, elle peut devenir abondante et nuisible. Pas appétée par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Contrôle : Le contrôle manuel de *R. scabra* est relativement exigeant en temps mais souvent possible car il est rarement abondant. Son contrôle chimique se fait en pré-levée (atrazine ou diuron), ou en post-levée (glyphosate), y compris sur des plantes âgées. Il est tolérant au 2,4-D ce qui en rend le contrôle dans les cultures plus difficile que pour *Mitracarpus hirtus*. Il est cependant relativement bien contrôlé par une couverture végétale en semis direct.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones

28



Nom scientifique : *Elephantopus spp.*

dont : *E. mollis* et *E. scaber*

Noms malgaches : Tabakombako

Famille : Asteraceae

Description et comportement :
Dicotylédones vivaces, herbacées, érigées ou prostrées, de 20 à 150 cm. Feuilles alternées, ovales ou lancéolées, poilues, essentiellement disposées à la base (*E. mollis*). Feuilles rares chez *E. scaber*. Tiges couvertes de longs poils blancs. Fleurs blanches (*E. mollis*) ou bleues (*E. scaber*) groupées sur des inflorescences. Plusieurs inflorescences portées par de longues tiges chez *E. mollis*. Reproduction par graines, transportées par le vent, l'eau et les animaux.

Fréquence et importance agronomique :
Assez fréquente sur les bords de champs, dans les sous-bois. Pas appété par les animaux.

Feuilles larges



Plantes vivaces

Contrôle :

De manière générale peu abondante et peu nuisible aux cultures.

Contrôle possible par simple arrachage.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

29


Acanthospermum hispidum

Nom scientifique : *Acanthospermum hispidum* et *Acanthospermum australe*

Noms malgaches : Bakakely (*A. hispidum*), Fatika, Kidoronalika (*A. australe*).

Famille : Asteraceae

Feuilles larges C3


A. australe

Plantes annuelles

Description et comportement :
Dicotylédones annuelles, de type C3, herbacées, érigée (30 à 80 cm) pour *A. hispidum*, rampante pour *A. australe*. Tiges carrées, très poilues, colorée (brun-rouge) chez *A. australe*. Feuilles opposées, de 3 à 10 cm pour *A. hispidum*, de 1 à 4 cm pour *A. australe*. Fleurs jaunes, à la base des feuilles. Reproduction par graines, dormantes, transportées par les animaux (épineuses chez *A. hispidum*).

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquentes dans les cultures, surtout sur sol riche en azote. Peu gênantes si la culture couvre bien (heliophiles), elles peuvent devenir abondantes et nuisibles en cas de développement lent de la culture. Contrairement à *A. hispidum*, *A. australe* est un bon fourrage au stade jeune.

Contrôle : Le travail du sol provoque la germination.
L'arrachage manuel est rendu très désagréable par les poils et les graines très piquantes (chez *A. hispidum*). Chimiquement, les acanthospermums sont contrôlées par l'atrazine ou le diuron en prélevée, et par le 2,4-D, la bentazone ou le glyphosate sur les plantes jeunes, ou éventuellement âgées.
Une bonne couverture végétale permet de les contrôler.


Acanthospermum australe

Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

30



Nom scientifique : *Corchorus olitorus*

Noms malgaches : Sokondrere, Tsindahory vazaha

Famille : Tiliaceae

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (parfois vivace), de type C3, photopériodique, herbacée, érigée, de 20 à 120 cm de haut. Racine pivotante.
Feuilles oblongues, de 4 à 12 cm de long, alternées sur la tiges poilues.
Fleurs jaunes, en petites inflorescences, insérées à la base des feuilles. Reproduction par graines uniquement, produites dans des capsules déhiscentes.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente dans les **milieux riches**, assez humides.
Les feuilles peuvent être consommées mais les graines sont toxiques.
Utilisée en pharmacopée : antibiotique et antivirale.

Contrôle :

Peu envahissante, en général peu nuisible.

Le travail du sol déclenche la germination des graines.
C. olitorus est facilement contrôlé au 2,4-D.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Sida spp.*
dont : *S. rhombifolia, S. acuta, S. cordifolia*
Noms malgaches : Fanory, Kisindahorina, Tsindahory (*S. rhombifolia*), Tsilaitran'ombilahy (*S. acuta*), Sepapaka (*S. cordifolia*), etc.
Famille : Malvaceae
Description et comportement :
Dicotylédones vivaces ou annuelles, herbacées, érigées, de 30 à 80 cm de haut.Feuilles alternées, losanges ou ovales, à bout pointu, poilues sur la face inférieure. Racine pivotante très puissante. Fleurs blanches et jaunes ou jaunes, à la base des feuilles, fleurissant toute l'année. Reproduction par graines uniquement.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquentes sur les bords de champs, leur abondance est souvent indicatrice de **sol compacté**.
Elles peuvent infester les cultures. Pas appétées par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle :
Peu nuisibles en général. L'arrachage manuel est très difficile du fait de l'enracinement très puissant. Chimiquement, les sidas sont contrôlés par l'atrazine, l'oxadiazon ou le diuron en pré-levée, et par le 2,4-D ou le glyphosate sur les jeunes plantes. Les plantes adultes sont relativement tolérantes à ces herbicides.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Waltheria indica*
Synonyme : *Waltheria americana*
Noms malgaches : Sandory, Tsindahorolahy
Famille : Sterculiaceae
Description et comportement :
Dicotylédone vivace, herbacée, fibreuse, érigée, de 50 à 120 cm de haut. Racines pivotantes puissantes. Tige très poilue. Feuilles ovales, de 4 à 8 cm de long, alternées, de couleur gris-vert, poilues, à nervures très marquées. Fleurs jaunes, en inflorescences portées par un pédoncule inséré à la base des feuilles.
Reproduction par graines uniquement.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les bords de champs, ou sur parcelles récemment remises en culture après jachère. Pas appétée par les animaux.

Feuilles larges



Plante vivace

Contrôle :
Peu nuisible en général. L'arrachage manuel est difficile du fait de l'enracinement puissant. Chimiquement, *W. indica* est contrôlé par l'atrazine, l'oxadiazon ou le diuron en pré-levée, et par le 2,4-D ou le glyphosate sur les jeunes plantes. Les plantes adultes sont relativement tolérantes à ces herbicides, surtout au 2,4-D.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Portulaca oleracea*

Noms malgaches : Kalabotreta, Anamatavy, Halabokatra, Kambo, Fandrianomby, Tsikoboko

Famille : Portulacaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C4, herbacée, étalée (20 à 40 cm.). Plante grasse, à tiges ramifiées, charnues, lisse, rougeâtre. Système racinaire avec un très gros pivot et de nombreuses racines qui en partent. Petites feuilles alternées et opposées. Fleurs jaunes groupées à l'extrémité des tiges. Reproduction par graine essentiellement, mais possédant aussi de bonnes capacités de bouturage.

Feuilles larges C4



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Assez fréquente, elle est peu nuisible, car rampante, non grimpante et exigeant un fort ensoleillement. Pas appétée par les animaux.

Contrôle :
En général, peu nuisible. Le contrôle manuel par arrachage est possible. Elle est bien contrôlée par un paillage et disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale. Sensible à de nombreux herbicides de pré-levée (alachlore, atrazine, diuron, oxadiazon) et de post levée au stade jeune (bentazone) ou à tous les stades (2,4-D et/ou glyphosate).



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Tribulus terrestris*

Noms malgaches : Bakakely, Hisatsa

Famille : Tribulaceae = Zygophyllaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle ou vivace, de type C4, herbacée, velue, rampante. Tiges velues, de 20 à 100 cm. Racine pivotante, puissante et profonde. Feuilles opposées, avec 5 à 8 paires de folioles. Fleurs jaunes, petites, isolées portées par des pédoncules peu allongés à l'aisselle des feuilles ou aux bifurcations des tiges. Reproduction par graines uniquement. Semences de 4 x 10 mm : Akènes bruns avec 4 épines très dures.

Feuilles larges C4



Plante annuelle

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique :
Se rencontre sur les **sols riches en azote**, secs (souvent sableux). Elle aurait un effet sur les performances physiques (athlètes) et la libido. Pas appétée par les animaux.

Contrôle : Plante très résistante, heureusement rarement abondante dans les cultures. Le travail du sol déclenche la germination des graines qui restent viables très longtemps. Sarclage ou arrachage sont très pénibles après qu'elle a produit ses graines si on n'a pas de chaussures (graines extrêmement piquantes). Peu d'herbicides de pré-levée sont efficaces. Contrôle par applications répétées de 2,4-D ou de glyphosate au stade jeune.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Zones sèches**

Flore des jachères et adventices des cultures

35



Nom scientifique : *Argemone mexicana*

Noms malgaches : Fantsimboay, Botakoa

Famille : Papaveraceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, herbacée, dressée, de 20 à 90 cm de haut. Tige ronde, contenant un latex jaunâtre. Racine pivotante profonde. Feuilles glabres, de 15 à 25 cm, très découpées, aux extrémités piquantes, aux nervures blanches.Fleurs jaunes, larges.
Reproduction par graines uniquement, produites en nombre (plus de 20 000 par plante) dans des capsules, dormantes.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en milieu sec, elle peut envahir les surfaces laissées à nu.
Nuisible sur les plantes de petite taille (jeune culture).
Pas appétée par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Contrôle :
L'arrachage (sans gants) est difficile (feuilles très piquantes). *A. mexicana* est tolérante aux herbicides de pré-levée classique, (sauf le diuron), mais sensible au 2,4 D (stade jeune uniquement) ou au glyphosate (stade jeune ou âgé). Il est important d'éviter sa propagation, et pour cela de ne pas la laisser grainer, et de garder les parcelles couvertes.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Zones sèches

36



Nom scientifique : *Ludwigia spp.*

dont : *L. jussiaeoïdes, L. repens, L. diffusa,* etc.

Noms malgaches : Bemahazanga (*L. jussiaeoïdes*), Lelavoana(*L. octavalis*), Volondrano, Sihanaka (*L. repens*), Raja (*L. diffusa*), etc.

Famille : Onagraceae = Oenotheraceae

Description et comportement :
Dicotylédones annuelles ou vivaces, herbacées, érigées, de 30 à 150 cm de haut. Tige creuse et cannelée, poilue chez certaines espèces, parfois rouge. Racine pivotante. Feuilles ovales ou lancéolées, alternées. Fleurs jaunes, isolées.
Reproduction par graines uniquement.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquentes sur **sols hydromorphes**.
Adventices importantes dans les rizières. Pas appétés par les animaux.

Feuilles larges



Plantes annuelles

Plantes vivaces

Contrôle : Le contrôle manuel peut demander un temps de travail très important, ce qui en fait des adventices fréquentes. En pré-levée, l'atrazine ou le diuron donnent de bons résultats. Le 2,-4-D n'est efficace que sur les jeunes plantes. Le pyrazosulfuron-ethyl est efficace en post-levée, mais non disponible à Madagascar. Le glyphosate est efficace à tous les stades (avec une dose plus importante pour les plants âgés). Elles sont assez bien maîtrisées par une couverture végétale épaisse.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Zones humides

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Cassia spp.*
dont: *C. tora (= C. obtusifolia, Senna obtusifolia), C. occidentalis (= Senna occidentalis)*
Noms malgaches: Voatelondolo,Tsiarifindramboa (*C. tora*), Benaimbo, Saringoazo(*C. occidentalis*)
Famille : Fabaceae
Description et comportement :
Dicotylédones annuelles ou vivaces, herbacées, érigées, sub-arbustives, de 40 à 180 cm de haut. Racine pivotante puissante. Base de la tige lignifiée. Feuilles alternées, composées, paripennées, de 3 (*C. tora*) ou 4 à 6 (*C. occidentalis*) paires de folioles. Fleurs jaunes, groupées au bout des tiges. Reproduction par graines uniquement.
Fréquence et importance agronomique :
Très fréquentes en bordures de champs, souvent indicatrices d'un sol compacté quand elles sont abondantes. Pas appétées par les animaux.

Feuilles larges C3



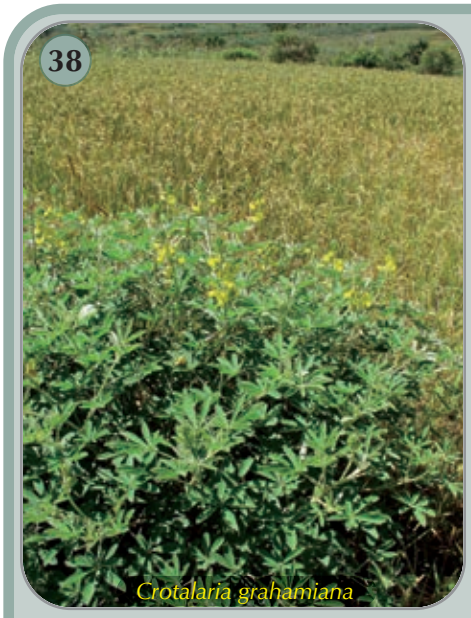
Plantes annuelles

Plantes vivaces

Contrôle :
De manière générale, peu gênantes dans les cultures.
L'arrachage manuel est difficile du fait du système racinaire pivotant puissant. Contrôlables à l'oxadiazon en pré-levée et au 2,4-D et/ou glyphosate en post-levée, sur de jeunes plantes. Résistantes à la plupart des herbicides au stade adulte (contrôlable aussi au dicamba en post-levée, produit non disponible à Madagascar).



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Toutes zones



Nom scientifique : *Crotalaria spp.*
dont: *C. grahamiana, C. retusa, C. spinosa,* etc.
Noms malgaches: Voasarinalika (*C. spinosa*), Ambarivatrindolo(*C. fulva*), Faliakoho (*C. retusa*)
Famille : Fabaceae
Description et comportement :
Dicotylédones vivaces ou annuelles, érigées, buissonnantes, de 50 à plus de 200 cm.
Racines pivotantes très puissantes. Tiges ligneuses. Fleurs jaunes, caractéristiques des papilionacées, groupées en grappes terminales. Multiplication par graines uniquement. Graines souvent en forme de coeur, produites dans des gousses caractéristiques.
Fréquence et importance agronomique :
Très fréquentes (grand nombre d'espèces), mais peu nuisibles. Utilisées en plante de couverture. Pas appétées par les animaux (souvent toxiques).

Feuilles larges



Plantes annuelles

Plantes vivaces

Contrôle :
Peu nuisible de manière générale.
L'arrachage manuel est difficile du fait du système racinaire profond des crotalaires mais les plantes adultes sont facilement tuées par décapage ou coupe au ras du sol.
Les jeunes plantes sont contrôlées au 2,4-D ou au glyphosate.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

39


Desmodium uncinatum

Nom scientifique : *Desmodium spp.*
dont : *D. uncinatum, D. intortum, D. hirtum*
Noms malgaches : Tranotantelisika (*D. hirtum*)
Mandalodiaraikitra (*D. uncinatum* ou *D. intortum*)
Famille : Fabaceae
Description et comportement :
Dicotylédones vivaces, herbacées, rampantes et grimpantes ou érigées (selon les espèces), dont la tige peut faire plusieurs mètres de long. Système racinaire pivotant, assez puissant. Feuilles trifoliées, velues et parfois collantes. Inflorescences portées par des tiges pouvant atteindre 1 m de haut. Gousses collantes. Reproduction par graines, transportées par les animaux, et par enracinement des tiges qui produisent des racines au niveau des noeuds quand elles reposent au sol.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en altitude, sur sols relativement riches. Fixatrices d'azote. Les desmodiums sont pour la plupart d'excellents fourrages.

Feuilles larges


Desmodium hirtum

Plantes vivaces

Contrôle : Le contrôle manuel est difficile sur des plants installés. Si nécessaire, contrôle possible en pré-levée à l'atrazine, l'oxadiazon ou le diuron. Les desmodiums sont souvent tolérants au 2,4-D au stade âgé (mais les jeunes plantes y sont sensibles). *D. intortum* et *D. uncinatum* qui éliminent la plupart des autres plantes, sont utilisés en SCV sous forme de couvertures vives, maîtrisées par fauche et glyphosate à faible dose.


Desmodium intortum

Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Zones d'altitude (> 600 m)**

40


Indigofera hirsuta

Nom scientifique : *Indigofera hirsuta*
Noms malgaches : Engitratainakoho, Takotsofotra.
Famille : Fabaceae
Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (dont la partie souterraine peut être vivace), de type C3, herbacée, érigée, de 40 à 140 cm de haut. Tige cylindrique, poilue. Feuilles poilues, composées de 5 à 9 folioles opposées par paires avec une foliole terminale plus allongée. Fleurs roses, sur une longue inflorescence (20 à 30 cm). Gousses de 1 à 2 cm, poilues et collantes, hirsutes.
Reproduction par graines.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente, elle n'est pas considérée comme envahissante.Intéressante pour sa capacité à fixer de l'azote. Plusieurs espèces d'indigofera sont de très bons fourrages.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle : De manière générale, peu envahissante, ce qui permet un contrôle par simple fauche ou arrachage. Si nécessaire, contrôle chimique possible en pré-levée (alachlore, ou atrazine) ou en post-levée sur plantes jeunes (2,4-D ou glyphosate). Les plantes âgées sont relativement tolérantes 2,4-D mais contrôlables au glyphosate (ainsi qu'à l'oxyfluorfen en pré-levée et au metsulfuron-methyl en post-levée, produits non disponibles à Madagascar).



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique: *Commelina benghalensis*
Synonymes: *C. canescens, C. mollis*
Noms malgaches: Tsimativonoina, Moravelona
Famille: Commelinaceae
Description et comportement:
Monocotylédone annuelle ou vivace, de type C4, succulente, nitrophile, rampante ou semi-érigée, très ramifiée, de 30 à 90 cm de long. Tiges aériennes et tiges souterraines qui s'enracinent à tous les noeuds. Feuilles larges, légèrement poilues, à nervures parallèles. Fleurs bleues. Reproduction par graines et multiplication végétative par fragments de tiges. Cycle très rapide avec production de graines dès 45 jours après germination.
Fréquence et importance agronomique:
Très fréquente dans les milieux humides.
Véritable peste végétale dans le monde entier, pouvant entraîner des dégâts très importants.
Pas appétés par les animaux.

Feuilles larges C4



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle: Plante envahissante, produisant des graines plusieurs fois par an. Difficile à contrôler par un travail mécanique, le fractionnement des tiges (très résistantes au dessèchement) conduisant à leur multiplication. L'arrachage manuel est très long et les plantes arrachées doivent être sorties de la parcelle. Il peut être relativement bien contrôlé au diuron, atrazine ou alachlore en pré-levée, 2,4-D sur plantes jeunes, à condition de le traiter tôt. Les plantes adultes sont très difficiles à contrôler (tolérant le glyphosate en particulier, qu'il faudrait associer à l'imazéthapyr, non disponible à Madagascar). Il peut se développer au dessus d'une couverture végétale qui ne la contrôle que partiellement.



Tous milieux | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones



Nom scientifique: *Oxalis spp.*
dont: *O. corniculata, O. debilis, O. latifolia, etc.*
Noms malgaches: Kidiadiavorona, Mihorokorona (*O. corniculata*), Fausse oseille (O. latifolia), etc.
Famille: Oxalidaceae
Description et comportement:
Dicotylédones vivaces herbacées, semi-dressées de 10 à 30 cm de haut.
Feuilles à trois folioles, en forme de coeur, qui s'orientent et peuvent se refermer en fonction de la lumière, portées par un long pétiole. Organes de réserve (bulbilles) sur les racines. Les oxalis, selon les espèces, se multiplient par graines (*O. corniculata*) et/ou végétativement par leurs bulbes et par fractionnement des racines (*O. latifolia*).
Fréquence et importance agronomique: Peu compétitives, elles peuvent cependant devenir gênantes si elles se développent en abondance.

Feuilles larges



Plantes vivaces

Contrôle: Les oxalis ont la capacité à se développer même à travers un paillage très épais (grâce à leurs réserves dans les racines). Le contrôle par sarclage ou arrachage est donc difficile. Le contrôle chimique est aussi difficile, les oxalis résistant à la plupart des herbicides disponibles à Madagascar, mis à part au diuron (et à l'ametryn et à l'oxyfluorfen, non disponibles à Madagascar). Il faut donc absolument les éliminer avant qu'elles ne deviennent abondantes.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

43



Photo : URP Forêts & biodiversité-CIRAD

Nom scientifique : *Centella asiatica*
Synonyme : *Hydrocotyle asiatica*
Noms malgaches : Anampetraka, Silabola
Famille : Apiaceae = Umbelliferae
Description et comportement :
Dicotylédone vivace, herbacée.
Nombreuses tiges horizontales et rampantes. Feuilles arrondies, crénelées, de 1 à 6 cm de diamètre, portées par un long pétiole, émises par groupes de 4 ou 5 au niveau des noeuds (qui émettent aussi des racines). Racines fibreuses et blanchâtres. Multiplication essentiellement par stolons, et partiellement par graines. Fleurs pourpres très discrètes, à la base des feuilles.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente dans les milieux humides. Très nombreuses utilisations en pharmacopée : Antibiotique, antiviral, anti-inflammatoire, etc.

Feuilles larges



Plante vivace

Contrôle :
En général peu abondante dans les cultures et peu nuisible.
Sa reproduction par stolons lui permet de se développer au dessus d'un paillage. Elle est cependant facilement contrôlable par arrachage. De plus, elle est souvent utilisée traditionnellement et donc parfois recherchée.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

44



Nom scientifique : *Boerhaavia diffusa*
Synonymes : *B. adscendens, B. repens, B. paniculata*
Noms malgaches : Beha, Mangalarety, Hazomena
Famille : Nyctaginaceae
Description et comportement :
Dicotylédone annuelle ou vivace, herbacée, étalée, ramifiée. Système racinaire pivotant.
Feuilles à la base, opposées, simples, avec nervures colorées. Longues tiges (jusqu'à 40 cm) dressées, qui portent des inflorescences lâches.
Petites fleurs roses ou violettes.
Reproduction par graines et par rhizomes.
Fréquence et importance agronomique :
Se développe sur tous types de sols, sauf les sols hydromorphes. Fréquente dans les milieux secs où elle est redoutée pour sa capacité à produire de nombreuses graines en très peu de temps.
Nombreuses vertus en pharmacopée : diurétique, émétique, anti-inflammatoire, etc. Peu appétée par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle : Le travail du sol favorise sa multiplication.
B. diffusa est bien contrôlée en semis direct par la couverture végétale permanente.
Contrôle manuel possible par simple arrachage quand elle n'est pas abondante. Sensible à l'atrazine en pré-levée, et très sensible au 2,4-D et au glyphosate, sur plantes jeunes et âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sol** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Chamaesyce hirta*
Synonymes : *Euphorbia hirta, E. pilulifera*
Noms malgaches : Ahidronono, Jean-Robert, Ranonotrandraka, Angamay, etc.
Famille : Euphorbiaceae
Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C4, dressée ou étalée, de 10 à 30 cm de long. Tige velue, brun-rouge, lactescente (du lait blanc en coule si on la coupe), se ramifiant à la base. Racines pivotantes. Feuilles opposées, poilues, parfois teintées de rouge. Fleurs rouges groupées en boules au niveau de l'insertion des feuilles. Reproduction par graines.
Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente, dans tous les climats et sur tous types de sols, y compris sols très dégradés, bords de routes, etc. Utilisée en pharmacopée (antibiotique). Plante hôte de nématodes (*Meloïdogyne incognita*), de virus (rosette de l'arachide) et de la rouille. Pas appétée par les animaux.

Feuilles larges C4



Plante annuelle

Contrôle : *C. hirta* est rarement abondante dans les cultures bien que le travail du sol déclenche sa germination. Elle est peu nuisible (ne se développant pas en hauteur). Si nécessaire, elle peut être contrôlée facilement par arrachage. Chimiquement, elle est sensible à l'oxadiazon en pré-levée et est très sensible au 2,4-D et au glyphosate, qu'elle soit jeune ou âgée. Elle disparaît progressivement en semis direct sur couverture végétale.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Gnaphalium spp.*
dont : *G. luteo-album, G. undulatum*
Noms malgaches : Ahitrakoho, Ahiposty
Famille : Asteraceae
Description et comportement :
Dicotylédones annuelles, de type C3, herbacées, érigées, de 30 à 150 cm de haut.
Feuilles alternées, très allongées (jusqu'à 20 cm de long), parfois pigmentées (brun-rouge).
Petites inflorescences insérées à la base des feuilles.
Reproduction par graines.
Fréquence et importance agronomique :
Assez fréquente dans les cultures, mais rarement abondante. Relativement peu gênante. Peu appété par les animaux.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Contrôle :
Le contrôle de *Gnaphalium sp.* peu abondant peut se faire manuellement, par simple arrachage des plants.
En cas de forte abondance, il peut être contrôlé en pré-levée à l'atrazine ou au diuron, et au 2,4-D ou au glyphosate sur plantes jeunes ou âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sol** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

47



Photo : Ph. Grandjean

Nom scientifique : *Melastoma spp.*

Noms malgaches : Tankasina, Karaoty soavaly

Famille : Melastomataceae

Description et comportement :
Dicotylédones vivaces, herbacées, érigées, parfois buissonnantes, de 20 à plus de 200 cm de haut selon les espèces. Feuilles opposées, décussées, vert foncé (parfois colorées en pourpre), luisantes, à nervures très marquées. Tiges se lignifiant avec l'âge. Racine pivotante. Fleurs mauves (ou roses) et jaunes, portées par de petites inflorescences. Fruits rouges, très colorés, riches en tanins. Reproduction par graines uniquement, transportées par les oiseaux.

Feuilles larges



Plantes vivaces

Fréquence et importance agronomique :
Fréquentes sur les **sols acides**, après défriche de forêt, sur les bordures de champs, etc., en conditions humides. Pas appétées par les animaux.

Contrôle :

De manière générale, les melastomes sont peu abondants dans les cultures et peuvent être contrôlés par simple décapage.
Pas d'information disponible sur les herbicides.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**

48



Photo : N. Moussa

Nom scientifique : *Lantana camara*

Synonymes : *L. aculeata, L. armata*

Noms malgaches : Radriaka, Galabert

Famille : Verbenaceae

Description et comportement :
Dicotylédone vivace, herbacée, buissonnante, de 60 à plus de 200 cm de haut. Racines pivotantes. Tiges triangulaires, qui se lignifient avec l'âge, légèrement piquantes. Feuilles ovales, opposées. Fleurs de couleurs variées, souvent mauves, jaunes ou blanches mais parfois rouges ou orangées, groupées dans des inflorescences en boules. Floraison pratiquement toute l'année. Reproduction par graines essentiellement.

Feuilles larges



Plante vivace

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquent, il colonise les friches et jachères. Rôle important de protection des ravines contre l'érosion. Pas appété par les animaux.

Contrôle :
Le contrôle des plantes âgées peut se faire simplement par décapage des pieds. Les jeunes plantes sont facilement contrôlées au 2,4-D. Pour remettre en culture des jachères à lantana, le plus efficace est de le faucher puis d'appliquer du 2,4-D après repousse (environ trois semaines). On dispose ainsi directement d'une couverture permettant un semis direct dans de bonnes conditions.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Achyranthes aspera*

Synonyme : *Achyranthes argentea*

Noms malgaches : Fandrangojaza, Tsipolomanitra, Votofosahaly

Famille : Amaranthaceae

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, de type C3, herbacée, érigée, de 30 à 80 cm de haut. Système racinaire pivotant. Tiges poilues. Feuilles poilues, vertes pour les vieilles feuilles, argentées pour les jeunes. Petites fleurs en inflorescences très longues, serrées, de couleur verte ou légèrement violette. Reproduction par graines, transportées par les animaux.

Feuilles larges C3



Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les bordures de champs, les parcelles abandonnées, elle est peu envahissante et rarement gênante.

Contrôle :
Facilement contrôlable par arrachage.
Peu d'information sur la sensibilité aux herbicides.
Contrôlable en post-levée au2,4-D ou au glyphosate.
Bien contrôlée par une couverture végétale.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Amaranthus spp.*

dont : *A. spinosus, A. gracilis, A. hybridus*

Noms malgaches : Anampatsy, Kimoelahy (*A. spinosus*), Anamena, Kimoembazaha, Sabotraboay (*A. hybridus*), Anamontsa (*A. gracilis*), etc.

Famille : Amaranthaceae

Description et comportement :
Dicotylédones annuelles, de type C3 ou C4 selon les espèces, herbacées, érigées, de 50 à plus de 200 cm pour certaines espèces. Racine pivotante très puissante. Tiges épaisses, parfois colorées. Feuilles alternées, ovales, de 3 à 8 cm de long. Epines à la base des feuilles chez *A. spinosus*. Grandes inflorescences composées de très petites fleurs en grappes. Reproduction par graines, produites en très grand nombre.

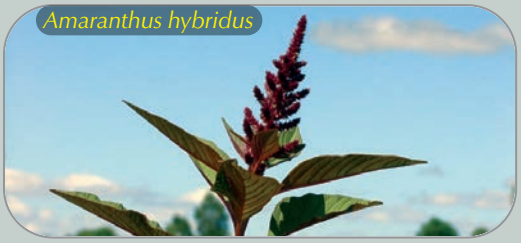
Feuilles larges C3-C4



Plantes annuelles

Fréquence et importance agronomique : Fréquentes mais peu envahissantes. Nitrophiles, souvent indicatrices de **sols relativement riches**.
Pas appétées par les animaux.

Contrôle :
Peu nuisibles de manière générale. Les amaranthes sont difficiles à arracher du fait de leur racine pivotante très puissante. Chimiquement, elle sont très facilement contrôlées par les herbicides de prélevée (alachlore, atrazine, oxadiazon ou pendimethaline) ou de post-levée (2,4-D ou glyphosate, à tous les stades). Elles sont bien contrôlées par une couverture végétale.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Chromolaena odorata*
Synonymes : *Eupatorium odoratum*
Noms malgaches : Iapanaha, Eupatoire
Famille : Asteraceae
Description et comportement :
Dicotylédone vivace, de type C3, aromatique, herbacée, buissonnante, de 50 à plus de 200 cm de haut. Racine pivotante puissante. Tiges se lignifiant avec l'âge. Feuilles opposées.
Fleurs blanchâtres ou légèrement bleutées, groupées en inflorescences.
Fréquence et importance agronomique :
Rare à Madagascar, elle recolonise les jachères et est souvent considérée comme une plante invasive. Elle est cependant un bon indicateur de **sol relativement riche**.
Les jachères à Chromolaena sont de bons précédents, facilement utilisables comme couvertures en SCV.

Feuilles larges C3



Plante vivace

Contrôle : Le contrôle manuel de *C. odorata* est pénible.
Chimiquement, il est contrôlé en pré-levée par le diuron, et en post-levée par le 2,4-D ou le glyphosate.
Pour remettre en culture des jachères à chromolaena, le plus efficace est de le faucher puis d'appliquer du 2,4-D après repousse (environ trois semaines). On dispose ainsi directement d'une couverture permettant un semis direct dans de bonnes conditions.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**



Nom scientifique : *Trichodesma zeylanica*
Synonyme : Borago zeylanica
Noms malgaches : Parakinalika, Lelanaomby
Famille : Boraginaceae
Description et comportement :
Dicotylédone annuelle (parfois vivace), herbacée, poilue, ramifiée, érigée, de 80 à 150 cm de haut. Système racinaire pivotant. Tige lignifiée à la base. Feuilles simples, opposées à la base et alternées au sommet, couvertes de poils durs très désagréables au toucher. Fleurs en petites grappes, de couleur bleu pâle ou blanchâtre, formées de 5 sépales soudés.
Reproduction par graines uniquement.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquente dans le moyen-ouest et l'ouest.
Pas appété par les animaux.

Feuilles larges



Plante annuelle

Contrôle :
En général peu gênante car elle se développe essentiellement en fin de saison des pluies/saison sèche, après les cultures (ce qui pourrait en faire une bonne couverture végétale si elle n'était pas aussi piquante).
Peu d'information sur sa sensibilité aux herbicides disponibles à Madagascar. Sensible à l'oxyfluorfen en post-levée.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique: *Abelmoschus moschatus*
Synonyme: *Hibiscus abelmoschus*
Noms malgaches: Mana, Tsindraranjaza
Famille: Malvaceae

Feuilles larges



Plante annuelle

Description et comportement:
Dicotylédone annuelle ou bi-annuelle, herbacée, érigée, de 50 à 150 cm de haut.
Racine pivotante. Feuilles alternées, poilues, avec 3 à 5 lobes et un long pétiole. Fleurs proches de celle de l'hibiscus, blanchâtres ou jaune pâle, avec un coeur rouge foncé.
Reproduction par graines essentiellement.
Graines produisant une huile parfumée.

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente mais peu envahissante.
Hôte de *Dysdercus cingulatus* (peste du cotonnier).
Pas appétée par les animaux.

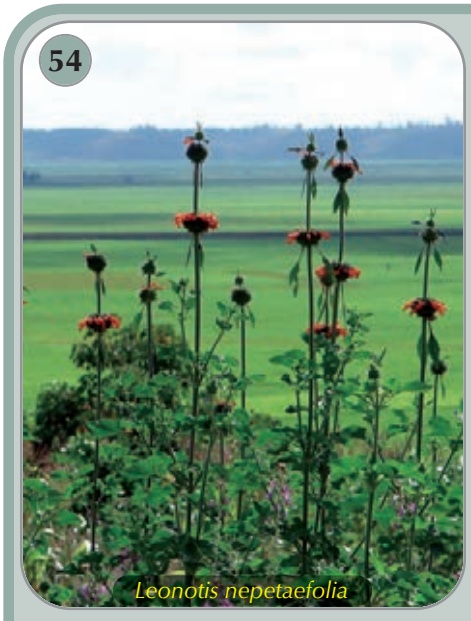
Contrôle:

Plante rarement abondante et peu envahissante.
Peut être contrôlée par fauche ou arrachage.

Pas d'information sur la sensibilité aux herbicides.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**



Nom scientifique: *Leonotis nepetaefolia*
Synonyme: *L. nepetifolia, Phlomis nepetifolia*
Noms malgaches: Tsivolaotra, Lanjananahary
Famille: Lamiaceae = Labiatae

Feuilles larges



Plante annuelle

Description et comportement:
Dicotylédone annuelle, herbacée, érigée, de 60 à plus de 200 cm de haut. Aromatique.
Tige quadrangulaire, feuilles simples, opposées, décussées, gaufrées, de 5 à 10 cm de long.
Reproduction par graines uniquement.
Fleurs oranges de 15 à 20 mm, groupées en boules (verticilles) de 3 à 8 cm de diamètre, épineuses, espacées sur le haut de la tige principale.
Leonotis caribea, plus petite, a des fleurs blanches.

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente sur les bords de champs, talus à moyenne altitude. Pas appétée par les animaux.
Plante euphorisante. Produit la "léonurine" à effet relaxant.

Contrôle:
Espèce rudérale peu invasive et rarement gênante. Ne demande pas de contrôle particulier en dehors d'un simple arrachage éventuel. Si nécessaire, contrôle possible au 2,4-D amine ou au glyphosate (ou un mélange des deux), même au stade adulte. Contrôlée par l'oxadiazon ou l'atrazine en pré-levée ou post levée précoce.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Zones d'altitude (> 600 m)**

Flore des jachères et adventices des cultures

55



Photo : N. Moussa



Nom scientifique : *Striga asiatica*

Noms malgaches : Arema, Ahitra menakely, Kimenamena, Halafihana, Angamay, etc.

Famille : Scrophulariaceae

Feuilles larges C3



Photo : N. Moussa

Plante annuelle

Description et comportement :
Dicotylédone annuelle, herbacée, érigée, de type C3, parasite de graminées (de type C3 ou C4), de 10 à 30 cm de haut, se présentant souvent en touffes. Feuilles allongées, de 1,5 à 2,5 cm de long, de moins de 0.5 cm de large, vert tendre, presque opposées, décussées. Fleurs réparties le long de la tige, rouges (ou, rarement, jaunes), d'environ 1 cm, à 5 pétales dont deux soudés sur la partie supérieure. Reproduction par graines uniquement. Graines minuscules (moins de 0,3 mm de long), produites en très grand nombre (plusieurs dizaines de milliers par plante), transportées par le vent, les animaux, les semences des cultures, le matériel agricole, etc. Après une période de dormance, les graines passent par une phase de pré-conditionnement (réhydratation) avant la germination, qui n'est déclenchée qu'après réception d'un signal émis par les racines des plantes hôtes (strigol et autres composés). En l'absence de ce signal, les graines redeviennent dormantes et peuvent rester viables plus de 15 ans dans le sol. Après germination, le striga développe un organe ténu, qui va rapidement se fixer sur les racines de l'hôte et les pénétrer pour se brancher sur son système vasculaire. Il est alors un parasite exclusif (holoparasite), se développant entièrement aux dépens de la plante parasitée, pendant toute la phase souterraine, qui dure une cinquantaine de jours. Il se présente alors sous la forme de ramifications blanchâtres sur des racines rosâtres. Après émergence, les feuilles se développent et deviennent chlorophylliennes et la plante devient hémi-parasite, capable de subvenir à 25 % de ses besoins.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente dans les milieux avec longue saison sèche et sur les **sols pauvres** (faible taux de matière organique et faible teneur en azote en particulier), le striga est une véritable peste végétale au niveau mondial (*Striga asiatica* en Asie, Madagascar, Amérique ; *Striga hermontica* en Afrique). Il cause de très forts dégâts sur les céréales, et en particulier le riz et le maïs (jusqu'à 100 % de perte dans les parcelles les plus touchées) et peut entraîner l'abandon des parcelles voire même la migration de villages entiers.

Contrôle : De par son mode de développement particulier, le striga est très difficile à contrôler par des méthodes classiques. La contamination par les graines ne peut être évitée (production de millions de graines facilement transportées). Le travail mécanique du sol avant culture est sans effet, le striga ne germant pas avant que la culture ait commencé à se développer. Les herbicides classiques sont eux aussi sans effets ou presque, le striga ayant causé de très forts dégâts avant même son émergence. La fumigation du sol, très coûteuse et difficile à mettre en oeuvre est également d'une efficacité limitée.
En revanche, le striga est rapidement et très bien contrôlé par des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente qui associent culture de plantes pièges qui déclenchent la germination du striga mais ne sont pas parasitées, création de conditions peu favorables à sa germination (baisse de la température du sol), enrichissement du sol en matière organique et en azote par les plantes de couverture et création de conditions (humidité, température, nourriture) favorables au développement de parasites du striga (insectes, champignons).



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols pauvres** | **Zones sèches**

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Cyperus rotundus* et *Cyperus esculentus*

Cypéracées C4



Noms malgaches : Kisonjonsonjo, Karepoka ambaiboho (*C. rotundus*), Karerika (*C. esculentus*)

Famille : Cyperaceae

Description et comportement :
Cypéracées (monocotylédones) vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 10 à 40 cm de haut. Système racinaire fasciculé très dense, avec rhizomes, bulbes et tubercules. Développement en touffes avec un pied-mère dominant de nombreux pieds-fils reliés par des tiges souterraines ramifiées formant des chaînettes de petits tubercules (bulbilles, sucrées chez *C. esculentus*). Tige triangulaire et glabre. Feuilles pliées en V, vert foncé, luisantes, disposées à 120 ° en étoiles à trois branches, à la base. Fleurs marron-rouge, en inflorescences au sommet des tiges. Reproduction essentiellement par ses tiges souterraines.

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique : Très fréquentes dans les rizières et baibohos, véritables pestes végétales dans le monde entier.

Contrôle:: Le travail du sol ou l'arrachage (très laborieux) fragmentent les chaînettes de bulbilles, libérant les pieds-fils de la dominance du pied-mère, contribuant ainsi à leur multiplication rapide. Tolérants à la plupart des herbicides de pré-levée. Sensibles au 2,4-D et au glyphosate, mais dans des conditions d'application difficiles sur des cultures. Il est préférable de contrôler ces adventices (glyphosate à 2160 g/ha) en fin de saison de culture, pour préparer l'année suivante. En revanche, ces cypéracées supportent mal l'ombrage. Une bonne couverture végétale qui retarde (mais n'arrête pas) leur émergence et un semis dense d'une culture qui couvre rapidement le sol permettent de bien les contrôler.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones



Nom scientifique : *Cyperus spp.*
dont : *C. ferax, C. obtusifolius, C. difformis,* etc.

Cypéracées C4



Noms malgaches : Vendrana, Herana (*C. latifolius*), Bano (*C. nudicaulis*), Kirindrala (*C. eliator*), Vendrangasy (*C. obtusifolius*), Behandoa (*C. difformis*)

Famille : Cyperaceae

Description et comportement :
Cypéracées (monocotylédones) annuelles, de type C4, herbacées, érigées, de 20 à 80 cm de haut. Système racinaire fasciculé. Tige triangulaire, glabre. Feuilles pliées en V, vert brillant, de 20 à 60 cm de long (*C ferax*). Inflorescences au sommet des tiges. Reproduction par graines.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquentes, sur les sols hydromorphes (*C. ferax* en particulier) et en milieux humides. Différentes espèces font qu'on retrouve cependant des cyperus annuelles sur tous les types de sols (y compris les sols sableux).

Contrôle : Le travail du sol superficiel a tendance à favoriser leur multiplication. L'arrachage ou même le sarclage manuels sont très exigeants en travail et difficiles à conduire à temps. Ces cypéracées sont en général résistantes à l'alachlore, l'atrazine, le pendiméthaline ou le diuron, mais assez sensibles à l'oxadiazon en pré-levée. En post levée, elles sont assez bien contrôlées par la bentazone, le 2,4-D ou le glyphosate. Une couverture végétale importante les retarde en général suffisamment pour que la culture



Tous milieux | Tous types de sols | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

58



Nom scientifique: *Fimbristylis spp.*
dont: *F. diphylla, F. trichobasis, etc.*
Noms malgaches: Haravolo, Kiforomboalavo
Famille: Cyperaceae
Description et comportement:
Cypéracées (monocotylédones) annuelles ou vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 20 à 80 cm de haut. Système racinaire fasciculé, à rhizomes chez certaines espèces. Feuilles rigides, très fines de 20 à 35 cm de long pour quelques mm de large. Développement en touffes. Inflorescences au bout des tiges, avec des épillets bruns, ronds ou ovales, de 1 à 5 mm de diamètre.Reproduction par graines. Cycle de développement rapide (floraison après moins de deux mois).
Fréquence et importance agronomique:
Très fréquentes dans les rizières, elles peuvent être abondantes et avoir un impact important.

Cypéracées C4



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle: Le travail du sol a tendance à favoriser leur multiplication. L'arrachage ou même le sarclage manuels sont très exigeants en travail et difficiles à conduire à temps. Les herbicides de pré-levée sont en général inefficaces, sauf l'oxadiazon ou le diuron sur certaines espèces. Au stade jeune, elles sont assez sensibles au 2,4-D ou à la bentazone. Au stade âgé, seul le glyphosate est efficace. Une couverture végétale importante les retarde en général suffisamment pour que la culture les domine.



Rizières | Tous types de sols | Toutes zones

59



Kyllinga pumila

Nom scientifique: *Kyllinga spp.*
dont: *Kyllinga pumila, Kyllinga squamulata*
Famille: Cyperaceae
Description et comportement:
Cypéracées (monocotylédones) annuelles ou vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 15 à 35 cm de haut. Système racinaire fasciculé, à stolons souterrains. Tige triangulaire, pleine.Développement en touffes. Feuilles pliées en V, insérées à la base de la tige (3 feuilles) et au sommet de la tige (4 feuilles en général, horizontales), juste au dessous de l'inflorescence. Inflorescences en épis denses, à fleurs blanches, jaunes ou vertes.Reproduction par graines et par stolons.
Fréquence et importance agronomique:
Très fréquentes dans les rizières et en milieux humides. On retrouve cependant différentes espèces sur tous les types de sols (y compris les sols sableux).

Cypéracées C4



Plante annuelle

Plante vivace

Contrôle: Le travail du sol favorise leur multiplication. L'arrachage ou même le sarclage manuels sont très exigeants en travail et difficiles à conduire à temps. Chimiquement, l'atrazine en prélevée est assez efficace, tout comme le glyphosate en post-levée. Une bonne couverture végétale qui retarde leur émergence et un semis dense d'une culture qui couvre rapidement le sol permettent de bien les contrôler.



Tous milieux | Tous types de sols | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

60


Hyparrhenia rufa

Nom scientifique : *Andropogon spp. et Hyparrhenia spp.*
Dont : *Hyparrhenia rufa, Andropogon hirtus, etc.*
Noms malgaches : Fiahana, Ferofehana, Kiverovato, Kolafo, Sika, etc.
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 50 à 250 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé très puissant, avec de petits rhizomes compacts. L'inflorescence est une longue panicule lâche de 35 à 60 cm de long aux épillets caractéristiques des *Andropogonaceae*. Les feuilles enserrent largement les chaumes. Les chaumes portant des inflorescences ont relativement peu de feuilles. Reproduction par graines (essentiellement) et rhizomes.
Fréquence et importance agronomique : Fréquentes dans les jachères. Indicateurs de **sol assez riche et à bonne structure**. Bons fourrages.

Graminées C4



Plantes vivaces

Contrôle : Plantes des jachères, relativement rares dans les parcelles cultivées où il suffit généralement de décaper les pieds quand ils se développent. Tolérantes au feu.
Ces espèces à forte production de biomasse sont particulièrement intéressantes pour reprise de jachère en semis direct sur couverture végétale, après contrôle au glyphosate (1 800 g/ha).



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

61


Aristida rufescens

Nom scientifique : *Aristida spp.*
dont : *A. rufescens, A. adscensionis*
Noms malgaches : Horombavy, Kifafa (*A. rufescens*), Pepaka (*A. adscensionis*), Ahidambo, Danga
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones annuelles ou vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 30 à 100 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé puissant avec de petits rhizomes compacts. Feuilles glabres, fines, jusqu'à 20 cm de long. L'inflorescence est une panicule de 15 à 25 cm de long, aux épillets verts ou pourpres. Reproduction par graines essentiellement.
Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente dans les jachères, une des espèces dominantes du "*bozaka*". Indicateur de **sol relativement pauvre, souvent compacté**.
Fourrage très important pour les éleveurs, bien que de piètre qualité.

Graminées C4



Plantes annuelles
Plantes vivaces

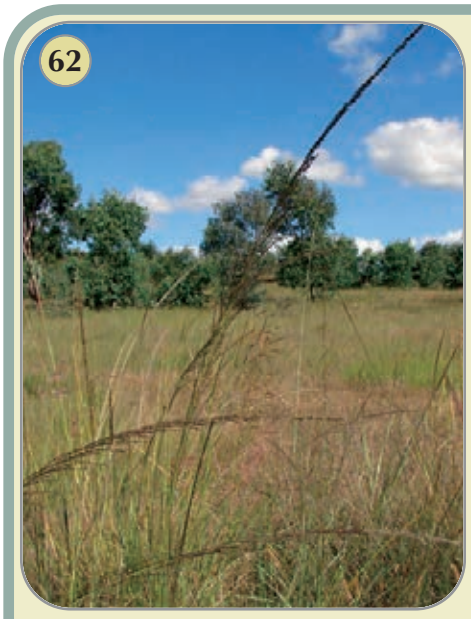
Contrôle : Plantes des jachères, relativement rares dans les parcelles cultivées où il suffit généralement de décaper les pieds quand ils se développent. Favorisées par les feux de brousse qui leur permettent de dominer les autres espèces.Elles peuvent être contrôlées au glyphosate (1 800 g/ha). Elles sont cependant difficilement utilisables pour une reprise de jachère en semis direct du fait de leur relativement faible biomasse et surtout du risque important de se trouver sur sol compacté.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols pauvres | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

62



Nom scientifique : *Sporobolus spp.*
dont : *S. pyramidalis, S. indicus, etc..*
Noms malgaches : Merakapaha (*S. pyramidalis*), Tsidrodrota (*S. indicus*), Matsia (*S. eliator*), Horomainty (*S. africanus*), etc.
Famille : Poaceae

Graminées C4



Description et comportement :
Monocotylédones vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 50 à 150 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé puissant, avec des rhizomes courts. Chaume cylindrique. Feuilles très fines. L'inflorescence est une longue panicule (jusqu'à 50 cm) avec de long racèmes et des épillets allongés.
Reproduction par graines essentiellement.

Plantes vivaces

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente dans les jachères, c'est une des espèces du "*bozaka*". Fourrage important pour les éleveurs, bien que de piètre qualité.

Contrôle :
Plantes des jachères, relativement rares dans les parcelles cultivées où il suffit généralement de décaper les pieds quand ils se développent
Supportant très bien les passage de feux de brousse.
Elles peuvent être contrôlées au glyphosate (1 800 g/ha).



Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones

63



Nom scientifique : *Heteropogon contortus*
Synonyme : *H. hirtus, Andropogon contortus*
Noms malgaches : Ahidambo, Danga
Famille : Poaceae

Graminées C4



Description et comportement :
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, érigée, de 20 à 120 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé avec rhizomes courts. Chaume cylindrique, glabre. Feuilles de 10 à 30 cm de long. Inflorescence solitaire caractéristique en fausse panicule avec les nervures dorsales des glumelles inférieures qui se prolongent en longues arêtes sombres qui s'enroulent. Les épillets très piquants pénètrent la peau et peuvent causer des blessures et abcès. Reproduction par graines (dormantes) essentiellement.

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique : Très fréquente dans les jachères, une des espèces dominantes du "*bozaka*". Indicateur de **sol pauvre, souvent compacté**. Hôte du striga. Fourrage de piètre qualité.

Contrôle : Plante des jachères, relativement rare dans les parcelles cultivées où il suffit généralement de décaper les pieds quand ils se développent. Comme l'aristida, mais dans une moindre mesure, il est favorisé par le passage de feux de brousse qui libère l'espace et lève sa dormance. Il peut être contrôlé au glyphosate (1 800 g/ha) mais est difficilement utilisable pour une reprise de jachère en semis direct du fait de sa relativement faible biomasse et surtout du risque important de se trouver sur sol compacté.



Photo : Ph. Grandjean

Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols pauvres | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

64


Setaria pumila

Nom scientifique : *Setaria spp.*

Graminées C4



dont : *S. pumila* = *S. glauca, S. geniculata*

Noms malgaches : Ahimena (*S. geniculata*), Tenindalitra (*S. pumila*), Akatofotsy (*S. pallido-fusca*)

Famille : Poaceae

Description et comportement :
Monocotylédones annuelles, de type C4, herbacées, érigées, de 20 à 100 cm de haut se développant en touffes. Système racinaire fasciculé assez puissant pouvant dépasser 1 m. Feuilles vert bleuté de 1 cm de large, poilues à la base. Chaume cylindrique. L'inflorescence est un épi cylindrique pouvant atteindre 10 cm de long, vert-rouge. Reproduction par graines (3 000 à 4 000 graines par plante).

Plantes annuelles

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente, surtout dans les milieux secs. C'est une adventice importante. Hôte du striga. *S. sphaceolata*, une espèce du même genre, a été introduite à Madagascar pour ses qualités fourragères.

Contrôle : Les sétaires sont difficiles à contrôler par un travail du sol ou par arrachage. Chimiquement, elles sont bien contrôlées par l'alachlore, le pendimethaline, l'oxadiazon ou le diuron en pré-levée et par le fenoxaprop-ethyl ou le fluazifop-butyl en post-levée, sur de jeunes plantes. Seul le glyphosate est efficace sur les plantes âgées. Plantes annuelles, elles sont bien contrôlées par une couverture végétale permanente.



Tous milieux | **Tous types de sols** | **Toutes zones**

65



Nom scientifique : *Pennisetum polystachion*

Graminées C4



Synonymes : *P. setosum, Cenchrus setosus, Panicum polystachion*

Noms malgaches : Horompotsy

Famille : Poaceae

Description et comportement :
Monocotylédone annuelle ou vivace, de type C4, herbacée, érigée, de 50 à 200 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé puissant, de plus de 1 m, avec rhizomes courts. Racines échasses partant des noeuds inférieurs. Feuilles de 10 à 40 cm de long, 5 à 20 mm de large, poilues. Chaume cylindrique rigide, glabre. L'inflorescence est un faux épi cylindrique allongé (15 à 25 cm de long), dense, poilu, de couleur pourpre. Reproduction par graines (peu fertiles) et rhizomes.

Plante annuelle

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique :
Plante de milieu bien drainé, peu envahissante. De nombreuses espèces de pennisetum sont d'excellents fourrages.

Contrôle :
En général peu fréquente dans les parcelles cultivées, elle peut être éliminée par décapage. Contrôle chimique possible à l'atrazine, au pendimethaline ou au diuron en pré-levée, au fenoxaprop-ethyl ou au fluazifop-p buthyl en post-levée sur jeunes plantes. Seul le glyphosate est efficace sur les plantes âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Bords de champs et friches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

66



Nom scientifique: *Imperata cylindrica*
Synonymes: *I. arundinacea, Lagurus cylindricus*
Noms malgaches: Antsoro, Horona, Tsevoka, Tenina, etc.
Famille: Poaceae

Graminées C4



Plante vivace

Description et comportement:
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, érigée, de 60 à 150 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, avec de très nombreux rhizomes concentrés dans les 20 premiers centimètres du sol, qui peuvent être dormants mais viables très longtemps. Les feuilles très longues (jusqu'à 150 cm) sont poilues à la base, avec une nervure blanchâtre. L'inflorescence est une panicule cylindrique blanche/argentée, d'aspect laineux, de 5 à 20 cm de long. Reproduction par graines (transportées par le vent et les animaux) et surtout par rhizomes.

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente (surtout sur sols acides, mais capable de se développer sur tous types de sols, y compris hydromorphes), c'est une peste végétale des cultures dans le monde entier, envahissante et très agressive. Peu appétée.

Contrôle: Le travail du sol aide sa multiplication en fractionnant les rhizomes. Elle est aussi favorisée par les feux et/ou le surpâturage, se redéveloppant très rapidement à partir de ses rhizomes, ce qui lui permet de dominer les autres plantes. Elle est résistante à la plupart des herbicides sélectifs des cultures et supporte de courtes inondations. En revanche, elle peut être rapidement contrôlée en semis direct: le traitement au glyphosate (1 800 à 2 160 g/ha) et le maintien du mulch ainsi formé (qui semble avoir un effet limitant sa reprise) permettent l'installation d'une culture, qu'on associe à une couverture végétale (mucuna, stylosanthes, brachiaria, etc.), ce qui permet de maintenir à l'ombre cette peste végétale et achève de la détruire.

Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones

67



Nom scientifique: *Rhynchelytrum repens*
Synonymes: *R. roseum, Melinis repens, Tricholaena repens*
Noms malgaches: Menapaka, Ahikongana
Famille: Poaceae

Graminées C4



Plante annuelle

Plante vivace

Description et comportement:
Monocotylédone annuelle ou vivace, de type C4, herbacée, érigée, de 30 à 90 cm de haut, se développant en touffes. Système racinaire fasciculé puissant, avec rhizomes courts. Chaume cylindrique, généralement glabre, pouvant s'enraciner au niveau des noeuds. Feuilles très fines, de 5 à 20 cm de long. L'inflorescence est une panicule lâche, duveteuse, rouge ou pourpre, puis rose argenté. Reproduction par graines et rhizomes.

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente en bords de champs et friches, surtout en milieu sec. C'est un bon fourrage.

Contrôle:
En général peu fréquente dans les parcelles cultivées, elle peut être éliminée par décapage. Favorisée par le feu.
Contrôle chimique possible à l'atrazine, au pendimethaline ou au diuron en pré-levée, et en post-levée au fluazifop-p buthyl sur les jeunes plantes, et au fenoxaprop-ethyl ou au glyphosate, efficaces même sur des plantes âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

68


Panicum trichoïdes

Nom scientifique : *Panicum spp.*
dont : *P. brevifolium, P. trichoïdes, P. repens*
Noms malgaches : Adalavatana, Ahidrano, Ahibary, etc.
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones annuelles ou vivaces, de type C3 ou C4 selon les espèces, herbacées, rampantes ou semi-érigées, formant un tapis dense, de 10 à 40 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, avec rhizomes. Feuilles courtes (quelques centimètres) chez ces espèces de petite taille. L'inflorescence caractéristique est une panicule dressée, lâche, ouverte, portant de petits épillets ovoïdes sur de longs racèmes. Reproduction par graines et par rhizomes (qui n'ont pas de dominance apicale chez *P. repens*).

Graminées C3-C4


Panicum brevifolium

Plantes vivaces

Fréquence et importance agronomique : Fréquentes sur les **sols dégradés**. Adventices importantes, pouvant être nuisibles. Ces petits panicums sont d'assez bons fourrages. *P. maximum*, plus grand, est un fourrage réputé.

Contrôle : Le contrôle mécanique des petits panicum est très difficile, surtout pour les espèces vivaces (*P. repens*). Le travail du sol qui fractionne les rhizomes favorise la multiplication végétative. L'arrachage est très laborieux. Le contrôle au glyphosate (1 800 g/ha) est cependant possible et il permet d'utiliser ces plantes pour un semis direct dans la couverture végétale morte ainsi constituée.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols pauvres | Toutes zones

69



Nom scientifique : *Eragrostis spp.*
dont : *E. tenella, E. cylindriflora, E. pilosa*
Noms malgaches : Dravala, Ahipilo, Ahipody, Fangomoka
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones annuelles ou vivaces selon les espèces (très nombreuses et difficiles à différencier), de type C4, herbacées, rampantes avec la hampe florale érigée, de 20 à 50 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, avec stolons ou rhizomes chez certaines espèces. L'inflorescence unique est une panicule ouverte, avec des épillets encastrés, sur deux rangées.
Reproduction par graines et stolons

Graminées C4



Plantes annuelles

Plantes vivaces

Fréquence et importance agronomique : Fréquentes, les eragrostis peuvent devenir nuisibles si on les laisse se développer. Assez bons fourrages.

Contrôle : Les eragrostis sont de manière générale assez difficiles à contrôler mécaniquement. Pour les espèces annuelles, les herbicides de pré-levée sont efficaces (alachlore, atrazine, oxadiazon, pendimethaline ou diuron). En post-levée, le fluazifop-butyl est aussi efficace s'il est appliqué sur de jeunes plantes. Le fluazifop-butyl et le glyphosate permettent un bon contrôle, même sur plantes âgées.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Zones d'altitude (> 600m)

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scientifique : *Leersia hexandra*
Synonyme : *Homalocenchrus hexandrus*
Noms malgaches : Tsiriry, Ahikongona
Famille : Poaceae

Graminées C3



Description et comportement :
Monocotylédone vivace, de type C3, herbacée, érigée, de 30 à 80 cm de haut. Système racinaire fasciculé. Plante à rhizomes et stolons (mode de reproduction principal). Feuilles insérées à la base, droites, pliées, de 5 à 12 mm de large et 15 à 20 cm de long, enroulées la nuit, à bords accrochants, désagréables au toucher. Inflorescences en panicules lâches, avec de longs axes (souvent en zigzag) recevant les racèmes. Fleurs avec de grandes étamines blanches. Epillets bruns-rouges.

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente dans les rizières (plante aquatique), c'est une adventice majeure. Hôte intermédiaire de *Xanthomonas campestris* . Fourrage important surtout en saison sèche (il reste vert dans les bas-fonds).

Contrôle : Leersia est une adventice particulièrement difficile à contrôler. Elle supporte très bien la submersion et le travail du sol fractionne les rhizomes et favorise sa multiplication. Le contrôle manuel est très délicat, les jeunes plantules étant difficiles à différencier du riz. Son contrôle chimique en culture nécessite un herbicide graminicide, sélectif du riz (type cyalofop-butyl) non disponible à Madagascar. Le contrôle peut se faire par application de glyphosate après la récolte du riz, pour la saison suivante.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones



Nom scientifique : *Oryza longistaminata*
Synonyme : *Oryza barthii*
Noms malgaches : Varin'angatra, Behatoka, Jama
Famille : Poaceae

Graminées C3



Description et comportement :
Monocotylédone vivace, de type C3, herbacée, érigée, de 40 à 150 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, avec de nombreux rhizomes. Les chaumes et les feuilles ressemblent très fortement à ceux du riz cultivé. L'inflorescence est une panicule dressée. Il se reproduit essentiellement par ses rhizomes.

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente dans les rizières, c'est une véritable peste végétale pour le riz. Il sécrète des substances allélopathiques qui contrôlent de nombreuses adventices comme *Echinochloa spp.* C'est un hôte de la plupart des bioagresseurs du riz cultivé. Il est souvent utilisé comme fourrage pour le bétail.

Contrôle : Le "riz à rhizomes" est extrêmement difficile à contrôler dans les rizières. Il supporte très bien l'inondation, est multiplié par le travail du sol qui fractionne ses rhizomes, et se confond trop avec les plantules du riz cultivé pour pouvoir être sarclé ou arraché. De plus, il n'est sensible à aucun herbicide sélectif du riz. Par contre, contrôlé au glyphosate (1 800 à 2 160 g/ha), sa forte biomasse constitue une très bonne couverture pour un semis direct.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

72



Nom scientifique : *Digitaria horizontalis*

Synonyme : *D. setosa, Panicum horizontalis*

Noms malgaches : Pikom-balala,Hovao

Famille : Poaceae

Graminées C4



Description et comportement :
Monocotylédones vivaces, de type C4, herbacées, étalées, de 30 à 80 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant. Feuilles alternées, de 3 à 15 cm de long, au limbe poilu. Tiges rampantes s'enracinant au niveau des noeuds. Inflorescences sur un axe central, avec 4 à 20 racèmes de 1 à 5 cm de long, s'étalant et rappelant les doigts de la main. Reproduction par graines essentiellement.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquentes, les digitaires sont des mauvaises herbes majeures des **sols relativement riches.** De nombreuses espèces de digitaires sont de très bons fourrages.

Contrôle : Les digitaires sont des plantes très envahissantes et difficiles à contrôler. Le travail du sol favorise la germination. Il faut absolument les éliminer dès qu'elles apparaissent et éviter de les laisser grainer. Chimiquement, elles peuvent être relativement bien contrôlée par l'alachlore ou l'oxadiazon en pré-levée, et par le fenoxaprop-ethyl ou le fluazifop-p butyl en post-levée sur jeunes plantes. Seul le glyphosate contrôle les plants âgés.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

73



Nom scientifique : *Thelepogon elegans*

Synonyme : *Andropogon princeps*

Famille : Poaceae

Graminées C4



Description et comportement :
Monocotylédone annuelle, de type C4, herbacée, érigée,de 40 à 150 cm de haut, se développant en grosses touffes. Système racinaire fasciculé, avec des racines partant des noeuds inférieurs de la plante. Feuilles alternées, de 4 à 20 cm de long. Inflorescences de 3 à 15 cm de long, de 3 à 17 racèmes. Rachis de l'inflorescence centrale de 1 à 5 cm de long. Rachis inter-noeuds de 5 à 10 mm. Epillets allant par paires. Reproduction par graines.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Adventice fréquente des rizières, sur sols hydromorphes lourds. C'est, comme de nombreuses *Andropogonaceae*, un bon fourrage.

Contrôle :
Thelepogon supporte bien la submersion.
Le sarclage ou l'arrachage manuel sont très exigeants en temps.
Peu d'information sur les herbicides.
Il est bien contrôlé par le glyphosate.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Zones humides

Flore des jachères et adventices des cultures

74



Nom scientifique : *Cynodon dactylon*

Graminées C4



Synonymes : *Panicum dactylon, Capriola dactylon*

Noms malgaches : Rapanitra, Chiendent, Ahipalana, Fandrotrarana, etc.

Famille : Poaceae

Description et comportement :
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, rampante, de 30-50 cm.
Feuilles glabres sur la face inférieure.
Système racinaire fasciculé puissant.
Reproduction par graines, rhizomes et stolons.

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente, adventice majeure des cultures. Hôte du striga. Son système racinaire puissant fait que les sols sous Cynodon (bien développé) ont en général une **bonne structure**. Ces sols peuvent être directement remis en culture en semis direct, sans travail du sol, après contrôle à l'herbicide. Le chiendent jour un rôle très important dans l'alimentation du bétail.

Plante vivace

Contrôle : En rizières irriguées, la submersion prolongée l'élimine progressivement. Le contrôle mécanique du cynodon est très difficile. Il nécessite au minimum un labour en fin de saison des pluies (afin d'exposer les rhizomes au soleil durant la saison sèche) puis un second labour en début de saison des pluies. Le chiendent est résistant à la plupart des herbicides de pré-levée ou de post-levée. Par contre, il est très bien contrôlé par le glyphosate qui permet de l'utiliser comme couverture végétale pour un semis direct : 1800 à 2160 g/ha pour une destruction totale (couverture morte), 720 à 1080 g/ha pour un contrôle temporaire (45 jours, pour une couverture vive).



Tous milieux | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

75



Nom scientifique : *Eleusine indica*

Graminées C4



Synonyme : *Cynosurus indicus*

Noms malgaches : Tsipipihina, Ahitromby, Ahidrindrina

Famille : Poaceae

Description et comportement :
Monocotylédone annuelle, herbacée, de type C4, de 10 à 50 cm de haut. Système racinaire fasciculé, très puissant. Racines fibreuses. Tiges aplaties. Feuilles vert foncé, de 7 à 30 cm de long.Inflorescences de 2 à 7 ramifications en épis, disposés radialement. Multiplication par graines.

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente sur les sols relativement riches, en particulier en azote (nitrophile). Hôte secondaire de champignons (*Helminthosporium spp., Pyricularia oryzae*), de nématodes (*Meloïdogyne spp., Pratylenchus pratensis, Rotylenchus reniformis*) et de virus (du riz, maïs, arachide, etc..), elle est aussi parasitée par le striga. Utilisée en embrocation sur entorses et foulures.

Plante annuelle

Contrôle : En rizières irriguées, la submersion prolongée l'élimine progressivement. Le contrôle mécanique ou manuel d'*Eleusine indica* est difficile (du fait de son très fort enracinement). Chimiquement, elle est bien contrôlée par la plupart des herbicides de pré-levée (alachlore, atrazine, oxadiazon, pendiméthaline, diuron). Au stade jeune, elle est contrôlée par le Fluazifop-p-butyl. Agée, seul le glyphosate peut la contrôler efficacement.



Tous milieux | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scient.: *Dactyloctenium aegyptium*

Graminées C4



Synonymes: *D. meridionale, Cynosurus aegyptius, Eleusine aegyptiaca, Eleusine mucronata*

Noms malgaches: Voantondro, Betombo, Tranondrahitra, etc.

Famille: Poaceae

Description et comportement:
Monocotylédone annuelle ou vivace, de type C4, herbacée, rampante puis dressée, de 15 à 50 cm de long. Système racinaire fasciculé, assez puissant. Tige légèrement aplatie, glabre, s'enracinant au niveau des noeuds. Feuilles alternées, poilues, de 5 à 15 cm de long. Inflorescence en racèmes horizontaux (4 ou 5 en général). Section triangulaire avec les épillets répartis sur deux rangs, sur la face inférieure. Reproduction par graines et stolons.

Plante annuelle

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique:
Très fréquente dans les régions sèches et sur sols sableux (cordons dunaires). C'est un excellent fourrage.

Contrôle: *Dactyloctenium aegyptium* est en général relativement peu envahissant dans les parcelles cultivées et peut souvent être contrôlé par simple arrachage ou sarclage. Dans le cas où il devient abondant, il peut être relativement bien contrôlé chimiquement à l'oxadiazon ou au diuron en pré-levée. Lorsqu'il est largement développé dans des friches, il peut être utilisé pour remise en culture en semis direct, après simple contrôle au glyphosate.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Zones sèches



Nom scientifique: *Paspalum conjugatum*

Graminées C4



Nom malgache: Ahipasaka

Famille: Poaceae

Description et comportement:
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, rampante avec tiges florifères dressées, de petite taille (10 à 40 cm de haut). Système racinaire fasciculé puissant. Plante formant de longs stolons s'enracinant au niveau des noeuds. Feuilles de 5 à 20 cm, insérées à la base.
Inflorescences caractéristiques avec deux racèmes de 5 à 15 cm insérés en bout de tige, partant en opposition et épillets placés sur deux rangs, sur la face inférieure. Reproduction par graines, et surtout par ses stolons.

Plante vivace

Fréquence et importance agronomique:
Fréquente surtout dans les zones humides.
Comme de nombreux paspalums, c'est un bon fourrage.

Contrôle:
Le travail du sol favorise sa multiplication en fractionnant les stolons. Son contrôle manuel est très exigeant en temps et difficile. Plante vivace, résistante à la plupart des herbicides de pré-levée, il est important de ne pas la laisser se développer et grainer. Elle est contrôlable au Fenoxaprop-ethyl et au glyphosate en post-levée, même au stade âgé.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Tous types de sols | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures

78



Nom scientifique : *Brachiaria spp.*
dont : *B. latifolia = B. arrecta, B. ramosa, etc.*
Noms malgaches : Ahipotsy, Pikombalala
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones annuelles ou vivaces selon les espèces, de type C4, herbacées, de 20 à 150 cm de haut pour ces espèces, se développant en touffes, d'abord étalées puis dressées. Système racinaire fasciculé très puissant. Chaume cylindrique, s'enracinant au niveau des noeuds. Feuilles alternées. L'inflorescence est une panicule formée de 5 à 15 racèmes répartis le long d'un axe glabre, avec des épillets allant par paires, sur la face inférieure. Reproduction par graines essentiellement, et par stolons chez certaines espèces.
Fréquence et importance agronomique :
Assez fréquentes, elles peuvent devenir très nuisibles. Les brachiarias sont généralement de très bons fourrages.

Graminées C4



Plantes annuelles

Plantes vivaces

Contrôle : Le contrôle mécanique ou manuel de ces espèces de brachiaria est assez difficile du fait de l'enracinement puissant. Parmi les herbicides de pré-levée, seul l'oxadiazon est efficace. En post-levée, le fluazifop-p butyl est relativement efficace. Le meilleur contrôle est obtenu par le glyphosate, à tous les stades de la plante (1 080 g/ha sur les espèces annuelles, 1 800 g/ha sur les vivaces).



Tous milieux | Tous types de sols | Toutes zones

79



Echinochloa crus-galli

Nom scientifique : *Echinochloa spp.*
Dont : *E. colona, E. crus-galli, E. pyramidalis*
Noms malgaches : Ahibary, Tsimparifary, Sarivary, Karangy, Mabanky, etc.
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédones annuelles, de type C4, herbacées, érigées, de 20 à 90 cm de haut selon les espèces. Système racinaire fasciculé.
Feuilles de 15 à 25 cm de long. Tige cylindrique.
Inflorescence composée de plusieurs racèmes espacés sur un axe floral.
Reproduction par graines.
Fréquence et importance agronomique :
Fréquentes sur sols humides ou inondés.
Adventices majeures des rizières. Plantes hôtes de *Pyricularia sp.* et *Meloïdogyne incognita*, ainsi que de virus.
Les echinochloas sont souvent d'assez bons fourrages.

Graminées C4



Echinochloa colona

Plantes annuelles

Contrôle : Le contrôle manuel est très difficile car les jeunes plantes sont très difficiles à différencier des plantules de riz. Le sarclage favorise la levée. Plantes supportant bien la submersion. Chimiquement, contrôle possible à l'oxadiazon, l'alachlore ou au diuron en pré-levée (ou pendimethaline sur E. crus-galli), ou au fenoxaprop-ethyl en post-levée sur les jeunes plantes. Bon contrôle par le glyphosate, même sur plants âgés.



Rizières | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

Flore des jachères et adventices des cultures



Nom scient.: *Stenotaphrum secundatum*
Synonymes: *S. dimitiatum, Ischaemum secondatum*
Noms malgaches: Ahipisaka
Famille: Poaceae
Description et comportement:
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, rampante ou semi-érigée, de 20 à 50 cm de haut, tolérant bien l'ombrage et formant des tapis denses. Système racinaire fasciculé puissant. Tiges aplaties. Feuilles de 3 à 15 cm de long et 1 cm de large. Inflorescence caractéristique, en faux épis sur une seule face. Reproduction principalement par ses stolons vigoureux qui s'enracinent au niveau des noeuds, et par graines.
Fréquence et importance agronomique:
Fréquente dans les zones humides (mais non inondées), sur **sols relativement riches**. Généralement peu abondante dans les cultures. Les jeunes feuilles constituent un fourrage de bonne qualité.

Graminées C4



Plante vivace

Contrôle:
Plante vivace difficile à contrôler sans herbicide une fois installée. La couverture végétale épaisse qu'elle constitue et la structure du sol souvent bonne du fait de l'action de son système racinaire font que cette plante peut être facilement utilisée pour un semis direct. Elle est pour cela facilement contrôlable au glyphosate.



Tanety et baiboho (sols exondés) | **Sols moyennement riches à riches** | **Zones humides**



Nom scientifique: *Ischaemum rugosum*
Synonymes: *Meoschium rugosum*
Noms malgaches: Mahabanky, Taimboriky, Tsikalabana
Famille: Poaceae
Description et comportement:
Monocotylédone vivace, de type C4, herbacée, érigée, de 40 à 100 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, avec rhizomes. Chaume cylindrique souvent pourpre, avec des racines aériennes au niveau des noeuds. Feuilles de 10 à 30 cm de long. Inflorescences formées de 2 épis serrés. Reproduction par graines (dormantes et qui ne germent pas sous l'eau), rhizomes et stolons.
Fréquence et importance agronomique:
Très fréquente et envahissante, c'est une adventice majeure des rizières qui supporte bien la submersion. Hôte de nombreux pathogènes, dont le virus du tungro, et de *Meloïdogyne spp.*
Jeune, c'est un bon fourrage mais qui supporte mal le surpâturage.

Graminées C4



Plante vivace

Contrôle: Le contrôle manuel d'*Ischaemum rugosum* est extrêmement exigeant en temps et difficile. La submersion prolongée dans les rizières bien irriguées permet de le contrôler correctement. Chimiquement, il est relativement bien contrôlé par le pendiméthaline et l'oxadiazon en pré-levée, et par le cyhalofop-butyl (non disponible à Madagascar) ou le fenoxaprop-ethyl en post-levée.
Résistant aux herbicides de type bipyridiliums.



Rizières | **Sols moyennement riches à riches** | **Toutes zones**

Flore des jachères et adventices des cultures

82


Photo : K. Naudin

Nom scientifique : *Roettboellia cochinchinensis*

Graminées C4



Synonyme : *Roettboellia exaltata*
Noms malgaches : Fataka malailay, Tsanganday
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédone annuelle, de type C4, herbacée, érigée, de 100 à 250 cm de haut. Système racinaire fasciculé puissant, aux racines très dures. Chaumes cylindriques couverts de poils très durs. Feuilles alternées, poilues, très longues. Les inflorescences sont caractéristiques, avec des graines rectangulaires (oblongues) alignées, formant des épis cylindriques dont les articles se détachent facilement. Reproduction par graines uniquement. Graines dormantes, viables 2 à 3 ans.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Très fréquente et envahissante, en particulier sur sols humides, riches en azote (nitrophile). Sa croissance rapide lui permet de concurrencer fortement les cultures. C'est une adventice majeure. Hôte du striga. Fourrage de faible qualité, peu appété.

Contrôle : Le travail du sol déclenche la germination. L'arrachage ou le sarclage doivent se faire très tôt, avant que le développement du système racinaire les rende difficiles. En pré-levée, le pendimethaline (ou l'oxadiazon) sont très intéressants dans les parcelles infestées. En post-levée, le roettboellia jeune est sensible au fluazifop-p butyl. Seul le glyphosate détruit les plants âgés. Capable de se développer à travers un paillage. Une couverture très épaisse de stylosanthes permet cependant de le contrôler et de l'éliminer en quelques années.


Photo : K. Naudin

Tanety et baiboho (sols exondés) | Sols moyennement riches à riches | Toutes zones

83



Nom scientifique : *Cenchrus echinatus*

Graminées C4



Synonyme : *Cenchrus brevisetus*
Noms malgaches : Ahitranga
Famille : Poaceae
Description et comportement :
Monocotylédone annuelle de type C4, herbacée, érigée, de 40 à 60 cm de haut, au développement en touffes. Système racinaire fasciculé puissant. Chaume cylindrique, glabre. Feuilles longues et fines (10 à 30 cm de long pour moins d'un centimètre de large). Inflorescence allongée (10 à 30 cm) portant des graines dans des enveloppes très dures et piquantes, transportées par les animaux. Reproduction par graines.

Plante annuelle

Fréquence et importance agronomique :
Fréquente en bordures de champs ou dans les parcelles abandonnées. Peu envahissante. Fourrage de qualité (avant floraison). Une espèce proche, *Cenchrus ciliaris*, aux graines non piquantes, est une plante fourragère réputée pour sa richesse en phosphore.

Contrôle : L'arrachage ou le sarclage sont relativement aisés sur les jeunes plantes avant qu'elles n'aient développé leur système racinaire. Les plantes adultes, en touffes, peuvent être décapées à l'*angady*. Chimiquement, le cenchrus est assez sensible à l'alachlore, l'oxadiazon ou au pendiméthaline en pré-levée, et au fluazifop-p butyl et au glyphosate en post-levée, même sur plants âgés.



Tanety et baiboho (sols exondés) | Bords de champs et friches | Zones sèches

INDEX DES NOMS SCIENTIFIQUES

	Numéro	Nom scientifique	Page
A	53	Abelmoschus moschatus	38
	29	**Acanthospermum australe**	**26**
	29	Acanthospermum hispidum	26
	49	**Achyranthes argentea : voir Achyranthes aspera**	**36**
	49	Achyranthes aspera	36
	23	**Aeschynomene americana**	**23**
	23	Aeschynomene glandulosa : voir Aeschynomene americana	23
	23	**Aeschynomene javanica : voir Aeschynomene americana**	**23**
	23	Aeschynomene mimulosa : voir Aeschynomene americana	23
	12	**Ageratum conyzoïdes**	**17**
	50	Amaranthus spp. (Amaranthus spinosus, A. gracilis, A. hybridus, etc.)	36
	14	**Ammocalis rosea : voir Catharanthus roseus**	**18**
	60	Andropogon spp. et Hyparrhenia spp. (Hyparrhenia rufa, etc.)	42
	73	**Andropogon princeps : voir Thelepogon elegans**	**48**
	35	Argemone mexicana	29
	07	**Argyrochaeta bipinnatifida : voir Parthenium hysterophorus**	**15**
	61	Aristida spp. (A. rufescens, A. adscensionis, etc.)	42
B	**20**	**Ballota suaveolens : voir Hyptis suaveolens**	**21**
	01	Bidens pilosa	12
	44	**Boerhaavia paniculata : voir Boerhaavia diffusa**	**33**
	44	Boerhaavia adscendens : voir Boerhaavia diffusa	33
	44	**Boerhaavia diffusa**	**33**
	44	Boerhaavia repens : voir Boerhaavia diffusa	33
	52	**Borago zeylanica : voir Trichodesma zeylanica**	**37**
	25	Borreria alata	24
	25	**Borreria latifolia : voir Borreria alata**	**24**
	78	Brachiaria spp. (B. latifolia, B. ramosa, B. lata, etc.)	51
C	**06**	**Capraria dulcis : voir Scoparia dulcis**	**14**
	74	Capriola dactylon : voir Cynodon dactylon	49
	37	**Cassia obtusifolia : voir Cassia tora**	**30**
	37	Cassia occidentalis	30
	37	**Cassia tora**	**30**
	14	Catharanthus roseus	18
	83	**Cenchrus echinatus**	**53**
	83	Cencrhus brevisetus : voir Cenchrus echinatus	53
	65	**Cenchrus cetosus : voir Pennisetum polystachion**	**44**
	43	Centella asiatica	33
	45	**Chamaesyce hirta**	**34**
	51	Chromolaena odorata	37
	16	**Cleome hirta**	**19**
	41	Commelina benghalensis	32
	41	**Commelina canescens : voir Commelina benghalensis**	**32**
	41	Commelina mollis : voir Commelina benghalensis	32
	08	**Conyza spp. (C. bonariensis, C. orientalis, C. garnieri, etc.)**	**15**
	30	Corchorus olitorus	26
	13	**Cosmos bipinnatus : voir Cosmos caudatus**	**18**
	13	Cosmos caudatus	18
	13	**Cosmos sulphureus**	**18**
	11	Crassocephalum spp. (C. crepidioïdes, C. rubens, C. bojeri, etc.)	17
	38	**Crotalaria spp. (Crotalaria grahamiana, C. retusa, C. spinosa, etc.)**	**30**
	74	Cynodon dactylon	49
	76	**Cynosurus aegyptius : voir Dactyloctenium aegyptium**	**50**
	75	Cynosurus indicus : voir Eleusine indica	49

Flore des jachères et adventices des cultures

Numéro	Nom scientifique	Page
56	***Cyperus esculentus***	***40***
56	*Cyperus rotundus*	*40*
57	***Cyperus spp. (C. ferax, C. obtusifolius, C. difformis, etc.)***	***40***
76	*Dactyloctenium aegyptium*	*50*
76	***Dactyloctenium meridionale : voir Dactyloctenium aegyptium***	***50***
39	*Desmodium spp. (Desmodium uncinatum, D. intortum, D. hirtum, etc.)*	*31*
72	***Digitaria horizontalis***	***48***
79	*Echinochloa spp. (E. colona, E. cruss-galli, 28/05/2010 pyramidalis, etc.)*	*51*
05	***Eclipta alba***	***14***
05	*Eclipta erecta : voir Eclipta alba*	*14*
05	***Eclipta prostrata : voir Eclipta alba***	***14***
28	*Elephantopus spp. (Elephantopus mollis et Elephantopus scaber)*	*25*
76	***Eleusine aegyptiaca : voir Dactyloctenium aegyptium***	***50***
75	*Eleusine indica*	*49*
76	***Eleusine mucronata : voir Dactyloctenium aegyptium***	***50***
69	*Eragrostis spp. (E. tenella, E. cylindriflora, etc.)*	*46*
08	***Erigeron spp. : voir Conyza spp.***	***15***
51	*Eupatoium odoratum : voir Chromolaena odorata*	*37*
45	***Euphorbia hirta : voir Chamaesyce hirta***	***34***
45	*Euphorbia pilulifera : voir Chamaesyce hirta*	*34*
58	***Fimbristylis spp. (F. diphylla, F. trichobasis, etc.)***	***41***
03	*Galinsoga parviflora*	*13*
46	***Gnaphalium spp. (Gnaphalium luteo-album, G. undulatum, etc.)***	***34***
06	*Gratiola micrantha : voir Scoparia dulcis*	*14*
19	***Heliotropium africanum : voir Heliotropium indicum***	***21***
19	*Heliotropium indicum*	*21*
63	***Heteropogon contortus***	***43***
63	*Heteropogon hirtus : voir Heteropogon contortus*	*43*
53	***Hibiscus abelmoschus : voir Abelmoschus moschatus***	***38***
70	*Homalocenchrus hexandrus : voir Leersia hexandra*	*47*
43	***Hydrocotyle asiatica : voir Centella asiatica***	***33***
20	*Hyptis suaveolens*	*21*
66	***Imperata cylindrica***	***45***
66	*Imperata arundinacea : voir Imperata cylindrica*	*45*
40	***Indigofera hirsuta***	***31***
81	*Ischaemum rugosum*	*52*
80	***Ischaemum secondatum : voir Stenotaphrum secundatum***	***52***
59	*Kyllinga spp. (K. pumila, K. squamulata, etc.)*	*41*
48	***Lantana armata : voir Lantana camara***	***35***
48	*Lantana camara*	*35*
66	***Lagurus cylindricus : voir Imperata cylindrica***	***45***
70	*Leersia hexandra*	*47*
54	***Leonotis caribea***	***38***
54	*Leonotis nepetaefolia*	*38*
54	***Leonotis nepetifolia : voir Leonotis nepetaefolia***	***38***
54	*Leucas martinensis : voir Leonotis caribea*	*38*
36	***Ludwigia spp. (Ludwigia jussiaeoïdes, L. repens, L. diffusa, etc.)***	***29***
09	*Marisolia diversifolia : voir Tithonia diversifolia*	*16*
47	***Melastoma spp.***	***35***
67	*Melinis repens : voir Rynchelytrum repens*	*45*
81	***Meoschium rugosum : voir Ischaemum rugosum***	***52***
21	*Mimosa spp. (M. pudica, M. invisa, M. pigra)*	*22*
26	***Mitracarpus hirtus***	***24***
26	*Mitracarpus scaber : voir Mitracarpus hirtus*	*24*
26	***Mitracarpus verticcilatum : voir Mitracarpus hirtus***	***24***
71	*Oryza barthii : voir Oryza longistaminata*	*47*
71	***Oryza longistaminata***	***47***

Flore des jachères et adventices des cultures

	Numéro	Nom scientifique	Page
O P	42	Oxalis spp. (Oxalis corniculata, O. debilis, O. latifolia, etc.)	32
	74	**Panicum dactylon : voir Cynodon dactylon**	**49**
	72	Panicum horizontalis : voir Digitaria horizontalis	48
	65	**Panicum polystachion : voir Pennisetum polystachion**	**44**
	68	Panicum spp. (P. brevifolium, P. trichoïdes, P. repens, etc.)	46
	07	**Parthenium hysterophorus**	**15**
	07	Parthenium lobatum : voir Parthenium hysterophorus	15
	77	**Paspalum conjugatum**	**50**
	65	Pennisetum polystachion	44
	65	**Pennisetum setosum : voir Pennisetum polystachion**	**44**
	14	Pervinca rosea : voir Catharanthus roseus	18
	54	**Phlomis nepetifolia : voir Leonotis nepetaefolia**	**38**
	24	Phyllanthus amarus	23
	24	**Phyllanthus niruri : voir Phyllanthus amarus**	**23**
	33	Portulaca oleracea	28
R	**27**	**Richardia scabra**	**25**
	27	Richardsonia pilosa : voir Richardia scabra	25
	82	**Roettboellia cochinchinensis**	**53**
	82	Roettboellia exaltata : voir Roettboellia cochinchinensis	53
	67	**Rynchelytrum repens**	**45**
	67	Rynchelytrum roseum : voir Rynchelytrum repens	45
S	**06**	**Scoparia dulcis**	**14**
	06	Scoparia grandiflora : voir Scoparia dulcis	14
	06	**Scoparia ternata : voir Scoparia dulcis**	**14**
	37	Senna obtusifolia : voir Cassia tora	30
	37	**Senna occidentalis : voir Cassia occidentalis**	**30**
	22	Sesbania spp. (S. bispinnosa, S. sesban = S. pachycarpa, etc.)	22
	64	**Setaria spp. (S. pumila = S. glauca, S. geniculata, etc.)**	**44**
	31	Sida spp. (S. rhombifolia, S. acuta, S. cordifolia, etc.)	27
	04	**Siegesbeckia glutinosa : voir Siegesbeckia orientalis**	**13**
	04	Siegesbeckia orientalis	13
	10	**Sonchus oleraceus**	**16**
	25	Spermacoce alata : voir Borreria alata	24
	25	**Spermacoce latifolia : voir Borreria alata**	**24**
	62	Sporobolus spp. (S. pyramidalis, S. indicus, etc.)	43
	18	**Stachytarpheta angustifolia : voir Stachytarpheta indica**	**20**
	18	Stachytarpheta indica	20
	18	**Stachytarpheta jamaicensis : voir Stachytarpheta indica**	**20**
	80	Stenotaphrum dimitiatum: voir Stenotaphrum secundatum	52
	80	**Stenotaphrum secundatum**	**52**
	55	Striga asiatica	39
T	**73**	**Thelepogon elegans**	**48**
	09	Tithonia diversifolia	16
	34	**Tribulus terrestris**	**28**
	52	Trichodesma zeylanica	37
	67	**Tricholaena rosea : voir Rynchelytrum repens**	**45**
	03	Tridax parviflora : voir Galinsoga parviflora	13
	02	**Tridax procumbens**	**12**
U	15	Urena lobata	19
	15	**Urena sinuata : voir Urena lobata**	**19**
	15	Urena tricupsis : voir Urena lobata	19
	15	**Urena trilobata : voir Urena lobata**	**19**
V	17	Verbena sp.	20
	14	**Vinca rosea : voir Catharanthus roseus**	**18**
W	32	Waltheria americana : voir Waltheria indica	27
	32	**Waltheria indica**	**27**

Flore des jachères et adventices des cultures

INDEX DES NOMS MALGACHES

Numéro	Nom malgache	*Nom scientifique*	Page
19	Adabondolo	*Heliotropium indicum*	21
68	**Adalavatana**	***Panicum brevifolium***	**46**
20	Afolava	*Hyptis suaveolens*	21
08	**Ahibahiny**	***Conyza naudini***	**15**
68	Ahibary	*Panicum crus-galli*	46
79	**Ahibary**	***Echinochloa colona***	**51**
61	Ahidambo	*Aristida spp.*	42
63	**Ahidambo**	***Heteropogon contortus***	**43**
68	Ahidrano	*Panicum crus-galli*	46
75	**Ahidrindrina**	***Eleusine indica***	**49**
45	Ahidronono	*Chamaesyce hirta*	34
67	**Ahikongana**	***Rynchelytrum repens***	**45**
70	Ahikongona	*Leersia hexandra*	47
58	**Ahimainty**	***Fimbristylis diphylla***	**41**
05	Ahimarana	*Eclipta alaba*	14
64	**Ahimena**	***Setaria geniculata***	**44**
74	Ahipalana	*Cynodon dactylon*	49
77	**Ahipasaka**	***Paspalum conjugatum***	**50**
12	Ahipatsaka	*Ageratum conyzoïdes*	17
69	**Ahipilo**	***Eragrostis pilosa***	**46**
80	Ahipisaka	*Stenotaprhum secundatum*	52
68	**Ahipody**	***Panicum brevifolium***	**46**
69	Ahipody	*Eragrostis cylindriflora*	46
46	**Ahiposty**	***Gnaphalium sp.***	**34**
78	Ahipotsy	*Brachiaria deflexa*	51
55	**Ahitra menakely**	***Striga asiatica***	**39**
46	Ahitrakoho	*Gnaphalium sp.*	34
83	**Ahitranga**	***Cenchrus echinatus***	**53**
75	Ahitromby	*Eleusine indica*	49
64	**Akatofotsy**	***Setaria pallido-fusca***	**44**
16	Akondronjaza	*Cleome hirta*	19
24	**Ambanitsihy**	***Phyllanthus amarus***	**23**
38	Ambarivatrindolo	*Crotalaria fulva*	30
21	**Amboafotsikely**	***Mimosa pudica***	**22**
21	Anakoay	*Mimosa pudica*	22
33	**Anamatavy**	***Portulaca oleracea***	**28**
03	Anambito	*Galinsoga parviflora*	13
03	**Anambahiny**	***Galinsoga parviflora***	**13**
19	Anamboay	*Heliotropium indicum*	21
10	**Anamboraka**	***Sonchus oleraceus***	**16**
50	Anamena	*Amaranthus hybridus*	36
50	**Anamontsa**	***Amaranthus gracilis***	**36**
50	Anampatsy	*Amaranthus spinosus*	36
43	**Anampetraka**	***Centella asiatica***	**33**
18	Ananaomby	*Stachytarpheta indica*	20
11	**Anandrambo**	***Crassocephalum crepidioïdes***	**17**
12	Ananjazavavy	*Ageratum conyzoïdes*	17
16	**Anantsifotra**	***Cleome hirta***	**19**
13	Anantsinahivazaha	*Cosmos caudatus et C. sulphureus*	18
01	**Anantsinahy**	***Bidens pilosa***	**12**
12	Andranopatsaka	*Ageratum conyzoïdes*	17
08	**Andrianomiomdrika**	***Conyza garnieri***	**15**

Flore des jachères et adventices des cultures

	Numéro	Nom malgache	*Nom scientifique*	Page
An	02	Angamay	*Tridax procumbens*	12
	45	**Angamay**	***Chamaesyce hirta***	**34**
	55	Angamay	*Striga asiatica*	39
	23	**Anjananjana**	***Aeschynomene spp.***	**23**
	66	Antsoro	*Imperata cylindrica*	45
Ar	**13**	**Arakanjely**	***Cosmos caudatus* et *C. sulphureus***	**18**
	55	Arema	*Striga asiatica*	39
B	**29**	**Bakakely**	***Acanthospermum hispidum***	**26**
	34	Bakakely	*Tribulus terrestris*	28
	57	**Bano**	***Cyperus nudicaulis***	**40**
	57	Beandoha	*Cyperus difformis*	40
	44	**Beha**	***Boerhaavia diffusa***	**33**
	71	Behatoka	*Oryza longistaminata*	47
	36	**Bemahazanga**	***Ludwigia jussiaeoïdes***	**29**
	37	Bemaimbo	*Cassia occidentalis*	30
	10	**Beroberobazaha**	***Sonchus oleraceus***	**16**
	15	Besofina	*Urena lobata*	19
	76	**Betombo**	***Dactyloctenium aegyptium***	**50**
	35	Botakoa	*Argemone mexicana*	29
C	**74**	**Chiendent**	***Cynodon dactylon***	**49**
D	61	Danga	*Aristida spp.*	42
	63	**Danga**	***Heteropogon contortus***	**43**
	69	Dravala	*Eragrostis cylindriflora*	46
E	**40**	**Engitratainakoho**	***Indigofera hirsuta***	**31**
	51	Eupatoire	*Chromolaena odorata*	37
F	**25**	**Fagandala**	***Borreria alata***	**24**
	38	Faliakoho	*Crotalaria retusa*	30
	06	**Famaha**	***Scoparia dulcis***	**14**
	49	Fandrangojaza	*Achyranthes aspera*	36
	33	**Fandrianomby**	***Portulaca oleracea***	**28**
	74	Fandrotrarana	*Cynodon dactylon*	49
	69	**Fangomoka**	***Eragrostis tenella***	**46**
	31	Fanory	*Sida rhombifolia*	27
	35	**Fantsimboay**	***Argemone mexicana***	**29**
	82	Fataka malailay	*Roettboellia cochinchinensis*	53
	29	**Fatika**	***Acanthospermum australe***	**26**
	42	Fausse oseille	*Oxalis latifolia*	32
	18	**Feboha**	***Stachytarpheta indica***	**20**
	14	Felabaratra	*Catharanthus roseus*	18
	26	**Fengalala**	***Mitracarpus hirtus***	**24**
	60	Ferofehana	*Andropogon rufa*	42
	25	**Fesaho**	***Borreria alata***	**24**
	60	Fiahana	*Andropogon ceriferus*	42
	65	**Fohiombazaha**	***Pennisetum purpureum***	**44**
	12	Fotsyvony	*Ageratum conyzoïdes*	17
G	**48**	**Galabert**	***Lantana camara***	**35**
H	33	Halabokatra	*Portulaca oleracea*	28
	55	**Halafihana**	***Striga asiatica***	**39**
	12	Hanitrimpantsaka	*Ageratum conyzoïdes*	17
	58	**Haravolo**	***Fimbristylis trichobasis***	**41**
	44	Hazomena	*Boerhaavia diffusa*	33
	14	**Heladolo**	***Catharanthus roseus***	**18**
	57	Herana	*Cyperus latifolius*	40
	34	**Hisatsa**	***Tribulus terrestris***	**28**

Flore des jachères et adventices des cultures

Numéro	Nom malgache	*Nom scientifique*	Page	
62	Horomainty	*Sporobolus africanus*	43	H
61	**Horombavy**	***Aristida rufescens***	**42**	
65	Horompotsy	*Pennisetum polystachion*	44	
66	**Horona**	***Imperata cylindrica***	**45**	
72	Hovao	*Digitaria horizontalis*	48	I
51	**Iapanaha**	***Chromolaena odorata***	**37**	
71	Jama	*Oryza longistaminata*	47	J
45	**Jean-Robert**	***Chamaesyce hirta***	**34**	
33	Kalabotreta	*Portulaca oleracea*	28	K
33	**Kambo**	***Portulaca oleracea***	**28**	
79	Karangy	*Echinochloa crus-gallis*	51	
47	**Karaoty soavaly**	***Melastoma spp.***	**35**	
56	Karepoka ambaiboho	*Cyperus esculentus*	40	
56	**Karerika**	***Cyperus rotundus***	**40**	
22	Katsakatsa	*Sesbania spp.*	22	
05	**Kelibehazo**	***Eclipta alaba***	**14**	
08	Keliravina	*Conyza aegyptiacum*	15	
02	**Kelivoloina**	***Tridax procumbens***	**12**	
42	Kidiadiavorona	*Oxalis corniculata*	32	
29	**Kidoronalika**	***Acanthospermum australe***	**26**	
06	Kifafa	*Scoparia dulcis*	14	
61	**Kifafa**	***Aristida rufescens***	**42**	
58	Kiforomboalavo	*Fimbristylis madagascariensis*	41	
55	**Kimenamena**	***Striga asiatica***	**39**	
50	Kimoelahy	*Amaranthus spinosus*	36	
50	**Kimoembazaha**	***Amaranthus hybridus***	**36**	
57	Kirindrala	*Cyperus elatior*	40	
31	**Kisindahorina**	***Sida rhombifolia***	**27**	
56	Kisonjonsonjo	*Cyperus esculentus*	40	
60	**Kiverovato**	***Hyparrhenia cymbaria***	**42**	
60	Kolafo	*Hyparrhenia hirta*	42	
54	**Lanjananahary**	***Leonotis nepetaefolia***	**38**	L
52	Lelanaomby	*Trichodesma zeylanica*	37	
36	**Lelavoana**	***Ludwigia octavalis***	**29**	
81	Mahabanky	*Ischaemum rugosum*	52	M
08	**Maitsoririnina**	***Conyza naudini***	**15**	
10	Majajay	*Sonchus oleraceus*	16	
24	**Malinidravy**	***Phyllanthus amarus***	**23**	
53	Mana	*Abelmoschus moschatus*	38	
39	**Mandalodiaraikitra**	***Desmodium intortum***	**31**	
39	Mandalodiaraikitra	*Desmodium uncinatum*	31	
04	**Mandalodiaraikitra**	***Siegesbeckia orientalis***	**13**	
44	Mangalarety	*Boerhaavia diffusa*	33	
07	**Marorokamboa**	***Parthenium hysterophorus***	**15**	
62	Matsia	*Sporobolus eliator*	43	
67	**Menapaka**	***Rynchelytrum repens***	**45**	
62	Merakapaha	*Sporobolus pyramidalis*	43	
42	**Mihorokorona**	***Oxalis corniculata***	**32**	
41	Moravelona	*Commelina benghalensis*	32	
15	**Pampaho**	***Urena lobata***	**19**	P
52	Parakinalika	*Trichodesma zeylanica*	37	
61	**Pepaka**	***Aristida adscensionis***	**42**	
78	Pikombalala	*Brachiaria arecta*	51	

Flore des jachères et adventices des cultures

	Numéro	Nom malgache	*Nom scientifique*	Page
	72	Pikombalala	*Digitaria horizontalis*	48
R	**48**	**Radriaka**	***Lantana camara***	**35**
	36	Raja	*Ludwigia diffusa*	29
	23	**Ramianoka**	***Aeschynomene spp.***	**23**
	45	Ranonotrandraka	*Chamaesyce hirta*	34
	74	**Rapanitra**	***Cynodon dactylon***	**49**
S	50	Sabotraboay	*Amaranthus hybridus*	36
	32	**Sandory**	***Waltheria indica***	**27**
	20	Sangasanga	*Hyptis suaveolens*	21
	37	**Saringoazo**	***Cassia occidentalis***	**30**
	14	Sarita	*Catharanthus roseus*	18
	79	**Sarivary**	***Echinochloa pyramidalis***	**51**
	04	Satrikoazamaratra	*Siegesbeckia orientalis*	13
	31	**Sepapaka**	***Sida cordifolia***	**27**
	36	Sihanaka	*Ludwigia repens*	29
	60	**Sika**	***Hyparrhenia rufa***	**42**
	43	Silabola	*Centella asiatica*	33
	30	**Sokondrere**	***Corchorus olitorus***	**26**
	15	Soritsora	*Urena lobata*	19
T	**28**	**Tabakombako**	***Elephantopus spp.***	**25**
	81	Taimboriky	*Ischaemum rugosum*	52
	40	**Takotsofotra**	***Indigofera hirsuta***	**31**
	47	Tankasina	*Melastoma spp.*	35
	66	**Tenina**	***Imperata cylindrica***	**45**
	64	Tenindalitra	*Setaria pumila*	44
	09	**Tithonia**	***Tithonia diversifolia***	**16**
	18	Tonga	*Stachytarpheta indica*	20
	01	**Trakavola**	***Bidens pilosa***	**12**
	76	Tranondrahitra	*Dactyloctenium aegyptium*	50
	39	**Tranotantelisika**	***Desmodium hirtum***	**31**
	82	Tsanganday	*Roettboellia cochinchinensis*	53
	66	**Tsevoka**	***Imperata cylindrica***	**45**
	37	Tsiaridrafinamboa	*Cassia tora*	30
	62	**Tsidrodrota**	***Sporobolus indicus***	**43**
	81	Tsikalabana	*Ischaemum rugosum*	52
	33	**Tsikoboko**	***Portulaca oleracea***	**28**
	31	Tsilaitran'ombilahy	*Sida acuta*	27
	41	**Tsimativonoina**	***Commelina benghalensis***	**32**
	17	Tsimihana	*Verbena sp.*	20
	79	**Tsimparifary**	***Echinochloa crus-gallis***	**51**
	32	Tsindahorolahy	*Waltheria indica*	27
	31	**Tsindahory**	***Sida rhombifolia***	**27**
	30	Tsindahory vazaha	*Corchorus olitorus*	26
	53	**Tsindraranjaza**	***Abelmoschus moschatus***	**38**
	75	Tsipipihina	*Eleusine indica*	49
	01	**Tsipolitra**	***Bidens pilosa***	**12**
	49	Tsipolomanitra	*Achyranthes aspera*	36
	70	**Tsiriry**	***Leersia hexandra***	**47**
	04	Tsivadihana	*Siegesbeckia orientalis*	13
	54	**Tsivolaotra**	***Leonotis nepetaefolia***	**38**
	06	Tsobolo	*Scoparia dulcis*	14
V	**11**	**Vahivandana**	***Crassocephalum bojeri***	**17**
	71	Varin'angatra	*Oryza longistaminata*	47
	57	**Vendrana**	***Cyperus latifolius***	**40**

Flore des jachères et adventices des cultures

Numéro	Nom malgache	*Nom scientifique*	Page
57	Vendrangasy	*Cyperus obtusifolius*	40
76	**Voantondro**	***Dactyloctenium aegyptium***	**50**
38	Voasarinalika	*Crotalaria spinosa*	30
37	**Voatelondolo**	***Cassia tora***	**30**
36	Volondrano	*Ludwigia repens*	29
49	**Votofosahaly**	***Achyranthes aspera***	**36**
Noms malgaches inconnus			
27		***Richardia scabra***	**25**
59		*Kyllinga spp.*	41
73		***Thelepogon elegans***	**48**

Possibilités d'application et doses recommandées des herbicides sur les principales cultures ou couvertures végétales

Case vide : Pas d'information

☺ : Herbicide sélectif de la culture

☠ : Culture sensible à l'herbicide

✋1 : Niébé tolérant à l'atrazine à faible dose, variable selon le type de sol

✋2 : Application du Fluazifop-p-butyl possible avant formation des boutons floraux du haricot

✋3 : 2,4-D possible sur stylosanthes de plus de 8 semaines

✋4 : Herbicides non sélectifs des cultures mais dont l'application est possible entre les rangs de la culture, avec un cache pour éviter de la toucher

Culture	Pré-levée					Post-levée			
	Alachlore (2 880 g/ha)	Atrazine (1 500 à 2 500 g/ha)	Oxadiazon (750 à 1 250 g/ha)	Pendimethaline (750 à 1 500 g/ha)	Diuron (800 à 2 400 g/ha)	2,4-D amine (360 à 1 080 g/ha)	Bentazone (720 à 980 g/ha)	Fluazifop-p butyl (125 à 250 g/ha)	Glyphosate (360 à 2 160 g/ha)
Riz	☺	☠	☺	☺	☠	☺	☺	☠	☠
Maïs, Sorgho, Mil	☺	☺	☠	☺	☠	☺	☺	☠	✋4
Eleusine		☠	☠	☠		☺	☠		☠
Arachide		☠	☺	☺		☠	☺		☠
Soja	☺	☠	☺	☺	☺	☠	☺	☺	☠
Haricot		☠	☺	☺		☠	☺	✋2	☠
Niébé		✋1	☺	☺	☠	☠	☺		☠
Vigna umbellata		☠	☠	☺		☠	☺		☠
Dolique		☠	☺	☺		☠	☺		☠
Stylosanthes		☠	☠	☠		✋3			☠
Vesce		☠	☠	☺			☺		☠
Cajanus	☺	☠	☺	☠			☺		☠
Crotalaire		☠	☺	☺			☠		☠
Cottonnier	☺	✋4	☺	☺	☺	☠		☺	✋4

Flore des jachères et adventices des cultures

Action des herbicides facilement accessibles sur les principales adventices

1. Plantes à feuilles larges

Numéro de la fiche	Nom scientifique	Pré-levée					Post-levée					
							Plantes jeunes			Plantes âgées		
		Alachlore	Atrazine	Oxadiazon	Pendimethaline	Diuron	2,4-D amine	Bentazone	Glyphosate	2,4-D amine	Bentazone	Glyphosate
01	*Bidens pilosa*	☠	☠☠☠	☠	0	☠☠☠	☠☠☠	☠	☠☠☠	☠	0	☠☠
02	*Tridax procumbens*		☠☠		0	☠☠☠	☠☠	☠☠	☠☠	☠	0	☠☠
03	*Galinsoga parviflora*	☠☠☠	☠☠☠	☠☠	☠	☠☠☠	☠☠☠	☠	☠☠☠	☠☠	–	☠☠☠
04	*Siegesbeckia orientalis*		☠	☠☠	0	☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠	☠☠	0	☠☠☠
05	*Eclipta alaba*		☠	0	0	☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠	☠	0	☠☠
08	*Conyza spp.*	☠	☠☠	☠☠	☠	☠☠☠	☠☠☠	☠	☠☠	☠	0	☠☠
10	*Sonchus oleraceus*	0	☠☠☠	☠	☠☠	☠☠☠	☠☠	☠	☠☠☠	☠☠	0	☠☠
11	*Crassocephalum spp.*											
12	*Ageratum conyzoïdes*	☠☠	☠☠☠	☠☠	0	☠☠☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠	☠☠☠	0	☠☠☠
21	*Mimosa spp.*						☠		☠☠☠	0		☠☠
24	*Phyllanthus amarus*	☠☠	☠☠☠	☠☠	☠	☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	0	☠☠☠
25	*Borreria alata*	☠☠	☠☠	☠☠	0	☠☠☠	☠☠	☠	☠☠☠	0	☠	☠
26	*Mitracarpus hirtus*			☠☠		☠☠	☠☠		☠☠☠	☠☠		☠☠
27	*Richardia scabra*	☠	☠☠	☠	☠	☠☠☠	☠	☠	☠☠☠	0	0	☠☠
29	*Acanthospermum spp.*	☠	☠☠☠	0	0	☠☠	☠☠	☠☠	☠☠☠	☠	0	☠☠
33	*Portulaca oleracea*	☠☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠	☠☠☠	☠☠	0	☠☠☠
34	*Tribulus terrestris*		☠☠				☠☠		☠☠☠	☠☠		☠☠
35	*Argemone mexicana*	☠	☠		☠	☠☠☠	☠☠☠	☠	☠☠☠	☠	0	☠☠
36	*Ludwigia spp.*	☠	☠☠	☠	☠	☠☠	☠☠	☠	☠☠☠	☠	0	☠☠
41	*Commelina spp.*	☠☠	☠☠	–	0	☠☠	☠☠☠	☠	☠	☠☠	0	0
42	*Oxalis spp.*		☠	☠	☠	☠☠	☠	☠	☠	0	0	0
44	*Boerhaavia diffusa*		☠☠	0		☠☠						
46	*Gnaphalium sp.*	☠	☠☠☠	☠	☠	☠☠☠	☠☠☠	☠	☠☠☠	☠☠	0	☠☠☠
55	*Striga asiatica*	–	–	–	–	–	0	0	0	0	0	0

☠☠☠ : Très bon contrôle
☠☠ : Bon contrôle
☠ : Contrôle limité
0 : Mauvais contrôle
– : Aucun effet
Case vide : Pas d'information

Flore des jachères et adventices des cultures

2. Cypéracées

Numéro de la fiche	Nom scientifique	Pré-levée					Post-levée					
							Plantes jeunes			Plantes âgées		
		Alachlore	Atrazine	Oxadiazon	Pendimethaline	Diuron	2,4-D amine	Bentazone	Glyphosate	2,4-D amine	Bentazone	Glyphosate
56	*Cyperus rotundus*	0	☠☠	☠☠	0	0	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	0	☠☠☠☠
57	*Cyperus spp. (annuelles)*	0	0	☠☠☠	☠☠	☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	0	☠☠☠☠
58	*Fimbristylis spp.*		0	☠☠☠	0	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠	0	☠☠☠
59	*Kyllinga spp.*		☠☠☠						☠☠☠		0	☠☠☠

3. Graminées

Numéro de la fiche	Nom scientifique	Pré-levée					Post-levée				
							Plantes jeunes			Plantes âgées	
		Alachlore	Atrazine	Oxadiazon	Pendimethaline	Diuron	Fenoxaprop-ethyl	Fluazifop-p butyl	Glyphosate	Fluazifop-p butyl	Glyphosate
64	*Setaria spp.*	☠☠☠☠	0	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	0	☠☠☠☠
66	*Imperata cylindrica*								☠☠☠☠		☠☠☠☠
68	*Panicum spp.*								☠☠☠☠		☠☠☠
69	*Eragrostis spp.*	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠		☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠
70	*Leersia hexandra*								☠☠☠		☠☠☠
71	*Oryza longistaminata*								☠☠☠☠		☠☠☠
72	*Digitaria horizontalis*	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠☠
73	*Thelepogon elegans*								☠☠☠☠		☠☠☠☠
74	*Cynodon dactylon*	–	0	0	0	0	☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠
75	*Eleusine indica*	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠☠	0	☠
76	*Dactyloctenium aegyptium*		0	☠☠☠		☠☠☠			☠☠☠☠		☠☠☠
77	*Paspalum spp.*	☠	0		0	☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠☠	0	☠☠☠☠
78	*Brachiaria spp.*	0	0	☠☠☠		0		☠☠☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠☠
79	*Echinochloa spp.*	☠☠☠	☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠	☠☠☠☠		☠☠☠
80	*Stenotaprhum secundatum*								☠☠☠☠		☠☠☠
81	*Ischaemum rugosum*	☠☠☠☠		☠☠☠	☠☠☠		☠☠☠☠		☠☠☠☠		☠☠☠☠
82	*Roettboelia exaltata*	0	0	☠☠☠	☠☠☠☠	☠	☠☠☠	☠☠☠	☠☠☠☠		☠☠☠

Flore des jachères et adventices des cultures

Les principales pestes végétales à Madagascar



Mimosa pudica



Borreria alata



Commelina benghalensis



Striga asiatica



Cyperus rotundus
Cyperus esculentus



Imperata cylindrica



Leersia hexandra



Oryza longistaminata



Digitaria horizontalis



Cynodon dactylon



Ischaemum rugosum



Roettboellia cochinchinensis

Principales références bibliographiques utilisées

Le Bourgeois, Thomas; Jeuffrault, Eric & Fabrigoule, Serge. 1999. AdvenRun. Principales mauvaises herbes de la Réunion. Description-Herbicides. CIRAD/Service de protection des végétaux. Les éditions de Canne Progrès. La Réunion.128 p.

Lorenzi, Harri. 1994. Manual de indentidicação e controle de plantas daninhas : plantio direto e convencional. 4. ed. Editora Plantarum, Nova Odessa, SP, Brasil. 299 p. + annexes.

Les noms vernaculaires malgaches sont souvent tirés d'un fichier Xcell sans référence, de provenance non identifée, travail extrêmement bien documenté couvrant plus de 15 000 noms de plantes.

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier Husson Photo de couverture : Rakotondramanana Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes



Annexe 2

Les bases de calculs économiques pour l'évaluation des systèmes SCV

Eric PENOT, Olivier HUSSON, RAKOTONDRAMANANA

Septembre 2010

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
Agence Française de Développement

FFEM

Ministère de l'Agriculture

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Introduction

L'évaluation économique des systèmes proposés à la diffusion est une étape fondamentale dans le processus de création-formation-diffusion de systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente.

Il existe cependant de nombreuses définitions des différents critères économiques à prendre en compte, qui ont toutes leur valeur intrinsèque, mais diffèrent cependant les unes des autres.

Il est donc fondamental d'adopter des définitions précises pour les différents termes économiques employés et de poser clairement les conventions de calculs.

Une première proposition d'harmonisation des calculs économiques a été faite par le GSDM en 2005 pour l'exploitation des bases de données des différents projets impliqués dans la diffusion des techniques SCV. Elle a été légèrement révisée en 2006 afin de s'ajuster au logiciel Olympe qui était alors choisi pour la gestion des réseaux de fermes de référence, au Lac Alaotra dans un premier temps dans le cadre du projet BV Lac, puis sur les hautes-terres dans le cadre du projet BVPI-SEHP.



Ces définitions et conventions de calculs ne sont pas meilleures que d'autres qui auraient tout aussi bien pu être utilisées (qui sont parfois indiquées dans le texte afin de bien les distinguer). Mais l'adoption de définitions/conventions communes est un préalable indispensable pour établir des comparaisons entre les données des différentes bases. Les définitions/conventions adoptées ici sont de plus compatibles avec les outils utilisés pour la modélisation des exploitations (Olympe), et reconnues de façon classique en sciences de gestion : notions de marge brute et nette, de résultat issu du compte d'exploitation générale, de solde de trésorerie, etc.



Ce document présente les définitions et les conventions de calculs adoptées pour l'ensemble des projets intervenant dans le domaine de la diffusion des techniques SCV à Madagascar, que ce soit lors de l'exploitation des bases de données sur la diffusion ou dans les études sur les fermes de référence. Les différentes valeurs économiques utilisées pour la comparaison des systèmes et pour l'évaluation du revenu des agriculteurs sont également présentées, avec des exemples simples de calculs.

Définitions des valeurs économiques utilisées

Afin de simplifier les calculs et les présentations des résultats, pour une exploitation agricole familiale malgache, on propose de considérer :

Le produit brut

Le produit brut est la valeur de la production brute agricole, estimée au prix du marché, prix sortie ferme (c'est à dire sans compter les frais de transport pour rejoindre le marché le plus proche par exemple).

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Le produit brut d'une parcelle est égal à sa production multipliée par le prix unitaire de vente des produits. Le produit brut à l'hectare correspond donc au rendement (moins les pertes post-récolte éventuelles) multiplié par le prix unitaire de vente des produits.

Pour les ateliers d'élevage, la valeur de la production est calculée en sommant, suivant le type d'élevage, les litres de lait et les kilos de viande produits par animal et par an.

Au niveau d'une exploitation, le produit brut qui est la somme des produits bruts des différents ateliers est l'équivalent du chiffre d'affaires en économie générale.

Les conventions de calcul

Le prix considéré est le prix sortie ferme, aussi appelé prix bord champ. C'est le prix réel obtenu par le producteur pour la vente de ses produits, à la ferme.

Si la production est intégralement vendue au marché ou ailleurs qu'à la ferme (cas fréquent pour la pomme de terre au lac Alaotra par exemple), alors on prend le prix de vente réel au marché, duquel on déduit le coût de la commercialisation (transport, etc.) et les temps de travaux dûs à cette commercialisation.

Quand la vente a lieu en plusieurs fois, on calcule un prix moyen pondéré qui correspond à la somme des différentes opérations de vente (quantité vendue x prix du moment) divisée par la quantité totale vendue.

Dans tous les cas, le produit brut est calculé hors auto-consommation, sur la base de la quantité produite et non pas de la quantité vendue.

Dans Olympe...

Dans Olympe, le produit brut est indiqué «Produit» dans le compte d'exploitation générale (CEG).

Les produits autoconsommés sont rachetés par le producteur au même prix que celui de la vente et mis dans «Dépenses familiales» dans une catégorie a créer «Produits autoconsommés».

C'est le prix moyen pondéré qui est utilisé pour ces calculs.

Par convention, dans Olympe, on ne met pas de coût de métayage, jamais connu à l'avance (puisque dépendant de la production), mais on renseigne dans le produit brut la part de la production réellement touchée par le paysan (1/3, 2/3 ou la moitié le plus souvent). Il est alors recommandé de nommer l'atelier considéré avec le suffixe «met» pour rappeler que ce dernier est en métayage pour le métayer, et avec le suffixe «prop met» pour le propriétaire qui met en métayage. Le produit du métayage est, dans ce dernier cas, indiqué dans «Recettes diverses d'exploitation».

Il est possible dans Olympe d'identifier une politique de commercialisation avec plusieurs époques de vente, à des prix différents. Cette option n'as été retenue pour simplifier l'utilisation de l'outil. Par contre, on peut faire des scénarios avec des prix du riz différents en utilisant le module «Aléa».

La marge brute et les charges opérationnelles

La marge brute est égale au produit brut (auquel on ajoute les subventions éventuelles) moins les charges opérationnelles (aussi appelées consommations intermédiaires ou frais variables).

Les charges opérationnelles, qui correspondent à ce qui disparait dans l'acte de production, incluent en particulier :

- les semences, les engrais, les produits phytosanitaires (herbicides, insecticides, etc.),
- les coûts de motorisation (essence, huile), mais aussi :
- la redevance pour l'eau,
- le coût de location de la terre (fermage), et
- les frais vétérinaires, l'alimentation et l'achat d'animaux (pour les ateliers élevage),
- toutes les charges salariales temporaires affectées à la culture (main d'œuvre temporaire salariée), etc.

Charges opérationnelles = Consommations intermédiaires = Frais variables

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

La marge brute est calculée au niveau de chaque atelier, c'est à dire pour chaque itinéraire technique de production (végétale ou animale). La marge brute de l'exploitation est égale à la somme des marges brutes des différents ateliers.

Les conventions de calcul

• Comme pour le prix de vente des produits, on peut calculer un prix moyen pondéré d'achat des intrants.

• Les coûts de motorisation, liés à l'utilisation d'un motoculteur ou d'un tracteur, sont ramenés à l'heure de travail et doivent pouvoir être affectés à une culture.

• La redevance pour l'eau est une charge opérationnelle, soustraite au produit brut pour obtenir la marge brute, contrairement aux impôts qui sont généralement comptés en charges de structure (exemple : impôt synthétique, sur les zébus, le foncier, etc.).

• On inclut dans les charges opérationnelles les frais de fermage (quand ils sont imputables à la parcelle en tant que coût de production), mais pas les coûts de métayage qui sont directement retirés à la base dans le calcul du produit brut.

• Seule la main d'œuvre temporaire salariée (sans différencier le travail à la tâche du travail contractualisé) est prise en compte dans le calcul de la marge brute. Les salariés permanents sont intégrés dans les charges de structure, et le travail familial n'est pas rémunéré (il est évalué dans la valorisation de la journée de travail familial).

• L'entraide qui correspond à un échange de main d'œuvre familiale à des époques différentes n'est pas comptabilisée, puisque la main d'œuvre reçue correspond à la main d'œuvre donnée.

Dans Olympe...

L'utilisation d'une main d'œuvre extérieure est un coût opérationnel comme un autre et est donc considérée comme une charge opérationnelle.

Pour le travail familial, le calcul se fait en heures de travail et non à la journée. Par contre on peut utiliser la journée de travail pour les salariés journaliers (considérés comme un coût).

Dans Olympe, les subventions à la parcelle sont considérées comme des charges opérationnelles à coût zéro, ce qui revient dans le calcul à dire que marge brute = produit brut - (charges opérationnelles - subventions). Les subventions à l'exploitation sont considérées comme des recettes diverses au niveau de l'exploitation.

Les charges opérationnelles sont notées : «Approvisionnements». La marge brute y est notée : «Marge». Au niveau des ateliers, il s'agit d'une marge brute/ha. La marge brute de l'exploitation (avant amortissements et frais financiers) est obtenue dans le tableau «Recettes dépenses/grand postes» et est également notée «Marge».

Lors de la modélisation sous Olympe, il faut créer plusieurs catégories de charges opérationnelles :

• pour les engrais, semences, produits phytosanitaires, frais vétérinaires et alimentation animale, une unité et un prix par unité sont attribués à chaque charge, sur la base du prix rencontré dans les enquêtes et ajusté par des enquêtes complémentaires chez les commerçants ;

• pour les frais de tenure, achat d'animaux, salariés temporaires, travaux à la tâche et frais de location, les charges sont définies en milliers d'Ariary et le coût réel de la charge est entré au niveau de l'atelier.

La valeur ajoutée brute (VAB)

La valeur ajoutée brute est égale à la marge brute moins les subventions liées à la parcelle (ou l'animal), ce qui correspond aussi au produit brut moins les charges opérationnelles.

En l'absence de subvention, la valeur ajoutée brute est égale à la marge brute.

Comme son nom l'indique, la valeur ajoutée brute est le revenu agricole réel, c'est à dire la création de valeur réelle d'origine agricole et issue du travail (et en conséquence n'incluant pas les subventions).

Pour les systèmes de cultures, la VAB est calculée par hectare. Pour les systèmes d'élevage, elle est calculée soit par unité zootechnique (UZ), c'est-à-dire par animal, quelle que soit l'espèce, soit par unité de bétail tropical (UBT) en considérant de manière arbitraire que : 1UBT = 1 vache = ½ taureau ou bœuf adulte = 6 cochons = 5 ovins ou caprins

Au niveau de l'exploitation, la VAB est la somme des VAB des différents ateliers.

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Attention !

La définition adoptée ici pour la VAB diffère d'une autre définition de la VAB parfois rencontrée (en particulier à l'Agro-Paris-Tech et à l'Institut des Régions Chaudes) qui considère la VAB comme le produit brut moins les charges opérationnelles hors coût de main d'œuvre salariée, et moins la dépréciation du capital fixe.

La marge nette

La marge nette (aussi appelée revenu agricole net) est égale à la marge brute moins les charges de structure (dont les impôts), les frais financiers et les autres frais.

Rappels:

- Les charges de structure correspondent aux charges fixes qui ne varient pas avec le niveau d'activité, et ne disparaissent pas dans l'acte de production, comme la location de bâtiments, la maintenance du matériel ou l'emploi de personnel permanent, etc.;
- Le remboursement d'un emprunt est égal au capital emprunté plus les frais financiers (valeur des frais liés aux emprunts).

Cette marge nette est en général calculée au niveau de l'exploitation. Le calcul par atelier peut cependant se faire en affectant à cet atelier les charges de structure, au prorata de leur utilisation.

Dans tous les cas, elle n'intègre pas les revenus hors exploitation.

Au niveau de l'exploitation, elle représente donc le revenu net agricole du ménage, avant dépenses du foyer.

A Madagascar...

En pratique à Madagascar, les subventions sont extrêmement rares (dans le cas des SCV elles n'ont concerné que les semences de plantes de couvertures, dans certaines situations). En conséquence la valeur ajoutée brute est la plupart du temps égale à la marge brute.

De plus, les impôts sont très rares et il n'y a quasiment jamais de charges de structures, à l'exception notable des exploitations ayant du personnel permanent et/ou du matériel lourd (tracteur ou motoculteur). La marge nette est donc très souvent égale à la marge brute moins les frais financiers dûs aux emprunts. Si tout est autofinancé (sans emprunt), alors la marge brute est égale à la marge nette.

Globalement, à Madagascar, le coût du crédit sur une campagne agricole est de l'ordre de 2 à 3% du capital emprunté par mois, soit près de 30% par an.

Enfin, on ne calcule pas d'amortissement en agriculture familiale tropicale, parce que la grande majorité des paysans n'a pas de matériel autre que le matériel de traction attelée, et que l'amortissement est une notion comptable qui n'est pas prise en considération dans une logique budgétaire réelle.

Dans Olympe...

La marge nette qui est le résultat du compte d'exploitation générale (CEG) est notée «Résultat» dans Olympe.

En cas d'incertitude sur les données, on considère le coût de l'emprunt pour une campagne à 20% du capital emprunté.

On ne calcule pas d'amortissement du matériel. Si l'agriculteur rembourse encore des annuités l'année de l'enquête, cette somme entrera en frais financiers. Sinon, ce matériel ne lui coûte concrètement plus rien, il n'apparaît pas dans l'analyse économique.

Les conventions de calcul

Les impôts éventuels, tel l'impôt sur le revenu ou l'impôt synthétique sont considérés comme des charges de structure.

La valeur ajoutée nette (VAN)

La valeur ajoutée nette est égale à la marge nette moins les subventions, ce qui est équivalent à la marge brute moins les charges de structures (dont les impôts), les frais financiers et les autres frais.

A Madagascar...

En l'absence de subventions, comme c'est généralement le cas à Madagascar, la valeur ajoutée nette est égale à la marge nette.

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Les revenus non-agricoles

Revenus non-agricoles = Revenus «Off-farm» = Revenus hors-exploitation

Les revenus non-agricoles (aussi appelés revenus «off-farm» ou revenus hors exploitation) correspondent à tous les revenus du ménage qui ne proviennent pas de l'activité agricole, gagnés grâce à un travail extérieur : salarié agricole, transport, commerce, etc.

A Madagascar...

A Madagascar, on observe de nombreux transferts entre les revenus associés à l'activité agricole et les revenus non-agricoles, en particulier au niveau de la trésorerie.

Dans Olympe...

Dans Olympe, les revenus non-agricoles sont rentrés dans le compte privé famille en tant que recettes familiales. On crée un indicateur «revenu off-farm» qui totalise tous ces revenus extérieurs. On sépare ainsi la marge nette (notée «résultat») des revenus hors exploitation (notés «revenus off-farm»).

Pour intégrer les temps de travaux off-farm très importants a Madagascar, on crée une fausse culture annuelle «off-farm» (en indiquant seulement les temps de travaux), mise en dérobé. Cela permet d'avoir les temps de travaux off-farm affichés avec ceux de l'activité agricole. Une telle astuce n'entraîne aucun changement bien sûr dans les calculs économiques.

Le revenu net total (RNT)

Le revenu net total calculé pour une exploitation correspond à la somme de la marge nette et des revenus non agricoles.

Le solde de trésorerie

Le solde de trésorerie, qui se calcule au niveau d'une exploitation, est égal au revenu net total moins l'ensemble des consommations et dépenses familiales (incluant l'autoconsommation).

Le solde de trésorerie permet de mesurer le capital restant en fin d'année dans la poche de l'agriculteur, toutes dépenses effectuées (pour l'exploitation agricole et pour le ménage).

On peut considérer le solde de trésorerie comme la capacité théorique d'investissement. Dans la réalité, la capacité d'investissement est toujours inférieure au solde de trésorerie car les agriculteurs privilégient l'amélioration de leur niveau de vie immédiat aux investissements futurs, et ce d'autant plus qu'ils sont pauvres.

La capacité réelle d'investissement est donc obtenue en déduisant du solde de trésorerie toutes les dépenses non productives destinées à l'amélioration des conditions de vie.

Les conventions de calcul

Les produits autoconsommés sont considérés comme des dépenses familiales, comptabilisés avec le prix moyen pondéré utilisé pour la valorisation de la production. Ce mode de comptabilisation permet d'obtenir un solde de trésorerie réel.

Dans Olympe...

Pour obtenir la capacité réelle d'investissement, il faut être capable d'évaluer la consommation des ménages (du moins l'utilisation domestique des revenus nets), ce qui se fait par enquêtes, en liaison avec la caractérisation de l'exploitation agricole.

La productivité du travail

La productivité du travail est égale à la production divisée par le nombre de jours de travail qu'il a fallu pour l'obtenir.

La productivité du travail, exprimée en kg de produit par journée de travail, permet de comparer la productivité des différents systèmes rizicoles par exemple (RMME, riz irrigué, riz tavy, riz pluvial, etc.) et de comparer des systèmes sur plusieurs années sans avoir de biais lié aux variations de prix. En revanche, elle ne permet pas de comparer des systèmes dont la production diffère (du riz avec du maïs par exemple).

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Les conventions de calcul

La productivité du travail ne s'exprime qu'en kg de produit par journée (ou heure) de travail.

Elle peut être calculée à la parcelle en divisant la production totale de la parcelle (en kg) par le nombre de jours de travail sur cette parcelle, ou à l'ha, en divisant le rendement (en kg/ha) par le nombre de journées de travail par hectare.

Par convention à Madagascar, on utilise un seul calendrier (par quinzaine) pour pouvoir sommer les temps de travaux au niveau de l'exploitation agricole.

Dans Olympe...

Dans Olympe, la comptabilisation du travail familial se fait en heures.

Pour obtenir la productivité du travail en kg/jour, on multiplie la productivité du travail en kg/h par la durée moyenne d'une journée de travail dans la zone (8 heures au lac Alaotra, 7 heures sur les hautes-terres, etc.).

Attention !

La productivité du travail étant par définition la productivité du travail **familial**, elle permet d'évaluer, sur la base de situations réelles, des systèmes dans des exploitations diverses.

Cependant, la part du travail familial par rapport au travail salarié est très variable d'une exploitation à une autre, ce qui induit un biais lorsqu'on veut comparer dans l'absolu les performances économiques de différents itinéraires techniques ou systèmes de culture.

En conséquence, pour une telle comparaison, il est nécessaire de considérer dans le calcul l'ensemble du travail (familial et salarié) comme étant du travail familial (on calcule ainsi une productivité du travail 100% familial). Dans ce cas, le travail salarié est donc considéré comme nul et la marge brute calculée revient à une marge brute hors coût de main d'œuvre salariée.

La valorisation de la journée de travail (VJT)

La valorisation brute de la journée de travail est égale à la marge brute divisée par le temps de travail familial.

De la même manière, la valorisation nette de la journée de travail est égale à la marge nette divisée par le temps de travail familial.

On utilise en général la valorisation brute de la journée de travail pour évaluer ou comparer des ateliers, et la valorisation nette de la journée de travail au niveau des exploitations, pour évaluer l'efficacité économique des systèmes de production.

Cette définition permet de mesurer des valeurs représentatives de la valorisation réelle de la journée de travail familial. Toutefois, la VJT étant dépendante du prix de vente des productions, elle ne permet pas de comparer des systèmes d'une année sur l'autre quand les prix fluctuent (ce qui est très généralement le cas).

Le coût d'opportunité

Le coût d'opportunité est la mesure des avantages auxquels on renonce en affectant les ressources disponibles (dans notre cas, le travail) à un usage donné.

Les conventions de calcul

La valorisation de la journée de travail s'exprime dans la monnaie utilisée, en Ariary /jour (ou Ariary/heure) par exemple à Madagascar.

Dans Olympe...

On calcule la valorisation de l'heure de travail familial au niveau des ateliers (systèmes de culture et d'élevage) en divisant la marge brute d'un atelier par le nombre d'heures travaillées pour cet atelier.

On retrouve ce calcul dans l'option marge, noté «marge/heure».

On calcule également la valorisation de la journée (ou de l'heure) de travail familial au niveau exploitation sur une année en divisant la marge nette (notée «résultat») par le temps de travail familial (calculé comme le nombre d'actifs multiplié par le nombre de jours ouvrés par an, qui est de 250 en moyenne).

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Attention !

La valorisation de la journée de travail étant par définition calculée à partir du travail **familial**, elle permet d'évaluer, sur la base de situations réelles, les performances de systèmes dans des exploitations.

Comme pour la productivité du travail, si on veut comparer des systèmes de culture entre eux, il est nécessaire de considérer dans le calcul l'ensemble du travail (familial et salarié) comme étant du travail familial. On calcule ainsi une valorisation de la journée de travail 100% familial qui permet de comparer des systèmes toutes choses égales par ailleurs.

Il correspond à la somme qu'il est possible de toucher pour une journée de travail salarié, hors exploitation. Ce travail est généralement temporaire.

Il existe localement plusieurs coûts d'opportunité, qui peuvent de plus être variables dans le temps. Il est donc nécessaire de préciser ce coût d'opportunité, comme par exemple :

- salarié agricole de base à 2500 Ariary/jour en 2007, 3000 Ariary/jour en 2008 ;
- salarié en entreprise agro-alimentaire (exemple Tiko) ; 5 000 Ariary/jour (2007) ;
- salarié en ville ; 3 000 Ariary/jour. (2007).

Le ratio d'intensification et le retour sur investissement

Le ratio d'intensification est égal aux charges opérationnelles divisées par la marge brute.

Le retour sur investissement est égal à la marge nette divisée par les charges opérationnelles.

Ces deux ratios, exprimés en pourcentage (%) sont deux indicateurs de l'intensité des systèmes et de l'intérêt et du risque de conduire des ateliers, et de les intensifier.

Le ratio d'autoconsommation et le ratio de couverture des besoins par la production

Le ratio d'autoconsommation pour un produit donné (comme le riz par exemple) est égal à la quantité de ce produit autoconsommée par la famille, divisée par la production sur l'exploitation.

Le ratio de couverture des besoins par la production est l'inverse du ratio d'autoconsommation. Il est égal à la production sur l'exploitation d'un produit donné divisée par la consommation du ménage de ce même produit.

Utilisation des indicateurs économiques

Ces indicateurs économiques peuvent être utilisés pour deux fonctions différentes :



- l'évaluation et la comparaison du revenu réel des exploitations (qui peut se faire pour chaque système, et au niveau global de l'exploitation) ;
- l'évaluation et la comparaison des performances économiques de systèmes (de culture ou d'élevage) entre eux ;

Certains indicateurs sont communs et peuvent être utilisés dans les deux types de comparaison, alors que d'autres indicateurs remplissent des fonctions différentes et sont spécifiques à l'une ou l'autre. Il faut en particulier distinguer deux grands types de calculs ;

- pour la mesure des performances économiques réelles d'une exploitation (ou d'un atelier au sein d'une exploitation particulière), l'ensemble des calculs se fait en prenant en compte les charges réelles, en incluant les frais de main d'œuvre non familiale comme un coût, en prenant en compte les frais financiers réels de cette exploitation ou liés à l'atelier étudié et en prenant en compte les subventions éventuelles.

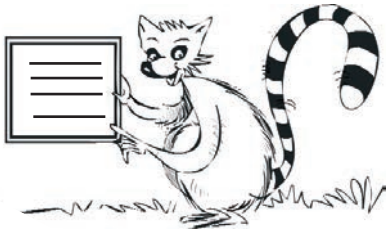
Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

• pour comparer les performances de systèmes de culture (ou d'élevage) et d'itinéraires techniques, il est nécessaire de retirer du calcul les facteurs qui diffèrent d'une exploitation à une autre afin de comparer les systèmes toutes choses étant égales par ailleurs. Pour cela, on considère que l'ensemble du travail est du travail familial, que l'ensemble des activités est autofinancé (donc sans frais financiers) et qu'il n'y a ni subvention, ni impôt, ni charges de structure (sauf pour comparer des itinéraires techniques avec ou sans mécanisation).

L'évaluation des performances économiques des exploitations

Les valeurs mesurées ou calculées

Pour l'évaluation des performances économiques réelles des exploitations suivies par les différents projets à Madagascar, il a été décidé de mesurer ou de calculer pour chaque type d'exploitation en SCV les éléments suivants :



Au niveau de chaque culture ou association de cultures :

- le rendement (kg/ha) ;
- la marge brute (Ariary/ha) ;
- la valeur ajoutée brute (Ariary/ha), souvent égale à la marge brute ;
- la productivité du travail (kg/jour ou kg/heure) ;
- la valorisation brute de la journée de travail familial (Ariary /jour ou Ariary/heure).

Au niveau de chaque système de culture, les données économiques sont calculées en sommant les valeurs économiques pour chaque culture et en divisant le résultat par le nombre d'années de la rotation. Ce calcul permet de tenir compte des investissements faits sur une culture et ayant des effets sur les autres cultures. On calcule ainsi :

- la marge brute (Ariary/ha/an) ;
- la valeur ajoutée brute (Ariary/ha/an), souvent égale à la marge brute ;
- la productivité du travail (kg/jour ou kg/heure) ;
- la valorisation brute de la journée de travail familial (Ariary /jour ou Ariary/heure) ;
- le ratio d'intensification (%) ;
- le retour sur investissement (%).

Au niveau de la parcelle (donc du système proposé), on peut également calculer la valorisation nette de la journée de travail familial (en affectant les charges de structure au prorata des surfaces cultivées), sauf dans le cas (rare) où l'intégralité du travail est salarié. Mais dans ce cas, on n'est plus en agriculture familiale.

L'ensemble de ces mesures ou calculs se fait sur des parcelles en SCV et sur d'autres parcelles en agriculture conventionnelle, pour chaque type de production.

Au niveau de chaque système d'élevage on calcule également :

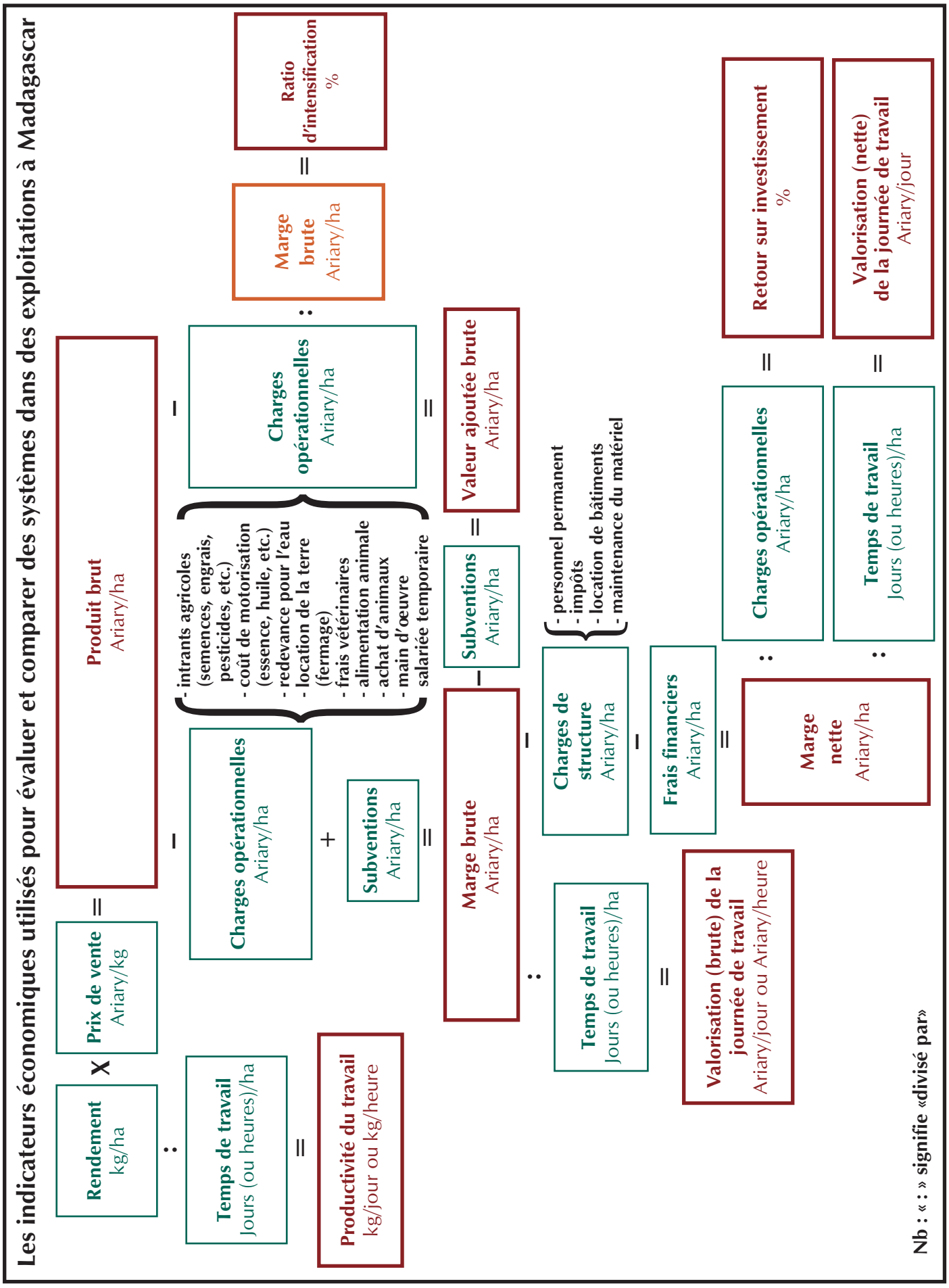
- la valeur ajoutée brute /unité zootechnique/an ;
- la valorisation brute de la journée de travail familial (Ariary /jour ou Ariary/heure).

A**u niveau de l'exploitation**, en additionnant les différents ateliers, on peut calculer :

• la marge brute de l'exploitation qui correspond à la somme des marges brutes des systèmes de culture et d'élevage (Ariary/an) ;

• la marge nette de l'exploitation qui correspond à la somme des marges nettes des systèmes de culture et d'élevage (Ariary/an) ou également à la somme des marges brutes moins l'ensemble des charges de structure (toujours calculées avant autoconsommation) ;

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes



Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

• le revenu net total (Ariary/an), ce qui permet de calculer :

• le solde de trésorerie (Ariary/an).

L'ensemble de ces valeurs permet d'obtenir un état budgétaire et de comparer les résultats entre exploitations.

On peut alors calculer les ratios de ces valeurs par actif :

• la marge nette de l'exploitation divisée par le nombre d'actifs (Ariary/actif/an) ;

• le revenu net total par actif(Ariary/actif/an) ;

• le solde de trésorerie par actif (Ariary/an).

On peut également calculer :

• le ratio d'autoconsommation pour un produit donné (comme le riz en particulier puisqu'il est la denrée la plus importante pour les familles malgaches) ou le ratio de couverture des besoins par la production.

• la consommation théorique de riz paddy par an pour la famille considérée. Cela permet de vérifier la cohérence des données par rapports aux quantités autoconsommées ou achetées de riz, déclarées par le producteur.

Au niveau des exploitations on peut aussi s'intéresser aux ratios suivants :

• couverture des charges opérationnelles par l'emprunt qui est égal au capital emprunté (hors frais financiers) divisé par les charges opérationnelles ;

• ratio d'endettement qui correspond au montant des annuités de remboursement divisé par la marge nette de l'exploitation.

Enfin, quand cela est possible, il est intéressant de calculer le solde cumulé sur une période de dix ans.

Dans Olympe...

Dans Olympe, on crée une catégorie «Main d'œuvre familiale» en UTH (unité travail homme) qui permet de renseigner le nombre d'actifs par exploitation et ainsi de calculer les différents types de revenus par actif.

On crée également une catégorie «Nombre de personnes à charge» avec une variable nombre de personnes réellement à la charge du ménage

Les conventions de calcul

Pour Madagascar, on adopte par convention :
- adulte plus de 15 ans = 1UTH ;
- femme de plus de 15 ans = 0.8 UTH ;
- enfant de moins de 15 ans non scolarisé et travaillant sur l'exploitation = 0.5 UTH ;
- grand-parent de plus de 60 ans travaillant sur l'exploitation = 0,5 UTH.

Pour les bouches à nourrir, on considère:
- adulte de plus de 15 ans, homme ou femme = 1
- enfants de moins de 15 ans = 0.5

La consommation moyenne de riz par malgache est de 150 kg/an soit à peu près 250 kg de paddy par personne et par an (pertes de 10% comprises).

Cas particulier des grandes exploitations

Le cas des grands propriétaires ou concessionnaires implique un calcul différent du fait que :

• la main d'œuvre est principalement, voire intégralement, salariée ;

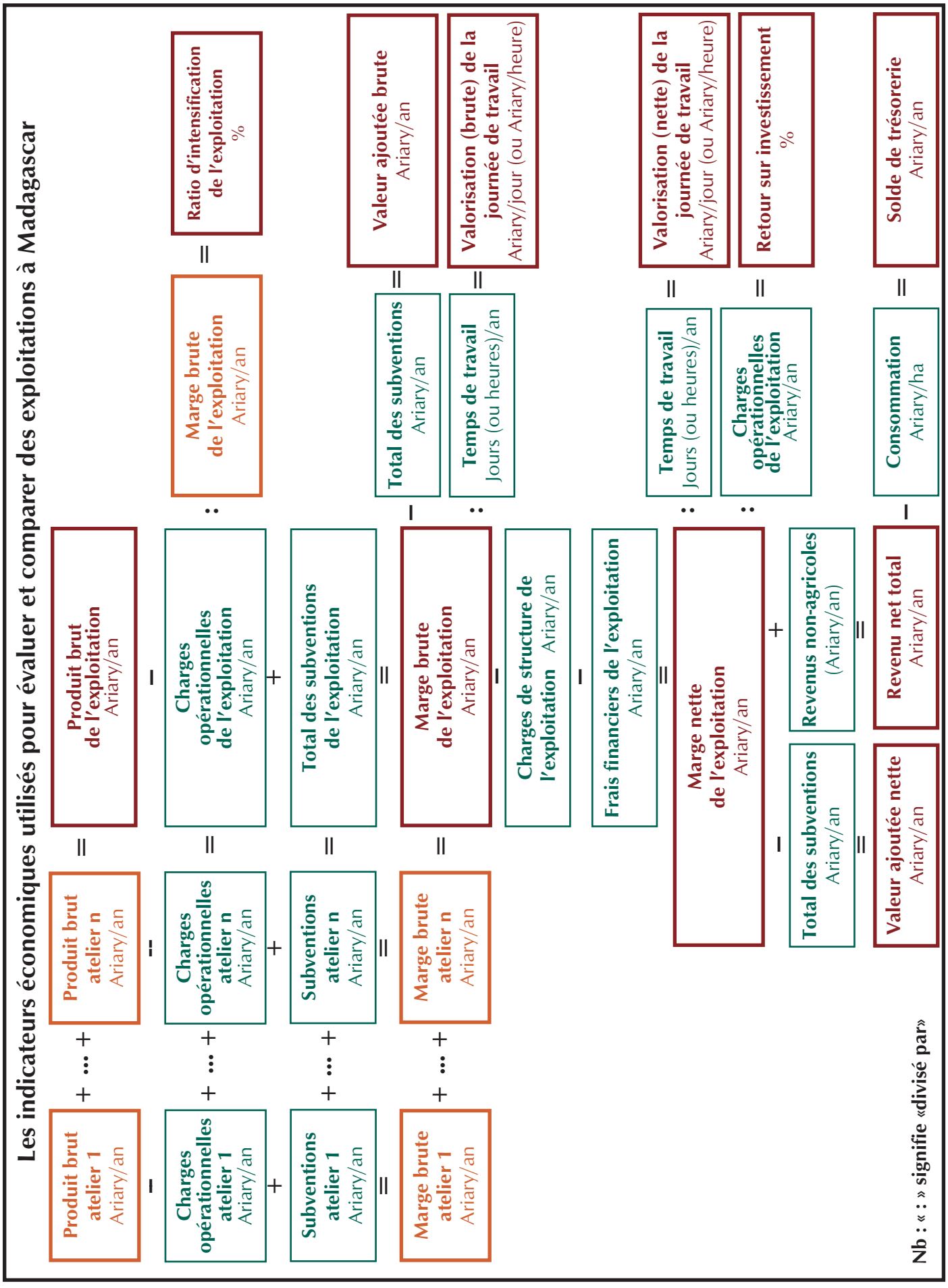
• l'exploitation peut être considérée comme une entreprise où tous les facteurs de production sont rémunérés, sauf la terre ;

• le capital est généralement suffisant pour permettre un certain niveau d'intensification.

On peut alors faire les calculs économiques en considérant l'intégralité des travaux comme étant faits par de la main d'oeuvre salariée, au tarif usuellement en vigueur, pour chaque tâche, dans la zone d'étude et aux périodes de réalisation effectives. Si on connait la répartition exacte des temps de travaux, on peut affecter le coût de la main d'oeuvre aux différents ateliers. La marge nette/ha intégrera alors la part des charges de structure divisée en fonction de la superficie. Si on ne connait pas la répartition, alors la totalité des coûts de main d'oeuvre est mise en charge de structure. Les marges obtenues dans un atelier sont alors hors coût de main d'oeuvre. Une autre solution consiste à mettre en charge de structure les personnels permanents et en charge opérationnelle uniquement les personnels temporaires.

Dans tous les cas, on ne calcule pas de valorisation de la journée de travail familial qui n'a pas de sens (le travail familial étant nul), mais on peut calculer la valorisation de la journée de travail total (marge divisée par le temps de travail total) et la comparer au coût réellement payé pour ce travail.

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes



Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

L'interprétation des résultats au niveau des exploitations

La marge brute et la marge nette des exploitations sont calculées hors autoconsommation : elles représentent donc le revenu agricole avant autoconsommation, ce qui permet de comparer les exploitations entre elles.

Cas particulier des concessionnaires ayant une part de main d'œuvre familiale

Dans le cas de concessionnaires utilisant une part de main d'œuvre familiale, on compare deux types de calculs :

- le premier en considérant l'intégralité des travaux comme étant faits par de la main d'œuvre salariée au tarif usuellement en vigueur pour chaque tâche dans la zone d'étude et aux périodes de réalisation effectives ;
- le second en considérant l'intégralité des travaux comme étant faits par de la main d'œuvre familiale.

La comparaison avec la main d'œuvre familiale permet de savoir si l'utilisation de la main d'œuvre extérieure est économiquement intéressante ou non. Dans le cas du lac Alaotra où la main d'œuvre est très peu chère, il apparaît toujours intéressant d'utiliser de la main d'œuvre extérieure salariée.

La **marge nette** est l'expression de l'activité de production à l'échelle de l'exploitation agricole, de manière plus fine que la marge brute, en particulier lorsqu'il existe de fortes différences en termes de charges fixes et de frais financiers. On l'utilise donc pour mesurer l'efficience des exploitations agricoles et les comparer entre elles.

Cependant, marge nette ou marge brute ne reflètent pas le revenu réel. La notion de revenu réel ou perçu comme tel dans les conditions de Madagascar, où l'autoconsommation est très forte et les exploitations sont peu monétarisées, est plutôt celle du **solde de trésorerie** (qui intègre les dépenses familiales). Le solde de trésorerie indique le capital réellement disponible en fin d'année, une fois effectuées toutes les dépenses liées à l'exploitation et au ménage, en intégrant les recettes de la famille dont les revenus non-agricoles. Le solde reflète donc l'argent qui reste réellement à la famille à la fin de l'année et permet donc de mesurer les problèmes bien réels de trésorerie des exploitants. Ce solde peut être positif, négatif ou nul. On peut alors en déduire si la famille s'est enrichie (elle peut alors capitaliser), s'est appauvrie, ou s'est maintenue au cours de l'année. Le solde donne également une idée de la capacité de l'exploitation à dégager un revenu une fois ses besoins familiaux couverts par l'autoconsommation et donc de la capacité d'autofinancement potentiel. Si le solde est positif, l'agriculteur peut choisir d'épargner, d'investir (dans un motoculteur par exemple), d'organiser le mariage de sa fille, etc.

Calculé sur dix ans, le **solde de trésorerie cumulé** permet de voir si l'exploitation est dans une phase de capitalisation, de stabilisation (relative) ou de décapitalisation.



Marge nette d'exploitation, solde de trésorerie et solde cumulé de trésorerie sont des indicateurs extrêmement pratiques pour avoir une vision globale de l'évolution de l'exploitation agricole, ou pour des comparaisons entre exploitations.

La **valeur ajoutée brute**, qui correspond à la création de richesse par l'activité agricole, est très souvent égale à la marge brute à Madagascar où les subventions sont rares.

Productivité du travail (production divisée par temps de travail) **et valorisation de la journée de travail** (marge divisée par temps de travail) sont deux indicateurs très intéressants, mais pour des usages différents :

- la productivité du travail permet la comparaison des systèmes d'une année sur l'autre, sans introduire de biais lié au prix, mais elle ne permet pas de comparer des systèmes ayant des produits différents, et ne peut être calculée pour des associations de cultures.

- la valorisation de la journée de travail permet la comparaison entre systèmes de tous types, pour une année donnée, mais elle ne permet pas la comparaison de systèmes d'une année sur l'autre car elle introduit un biais lié aux prix qui sont très volatiles et variables d'un endroit à un

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

autre. Une option intéressante peut être de ramener les valeurs monétaires en équivalent kilo de riz paddy par exemple. Le paddy étant l'aliment de base le plus consommé et le plus important pour la paysannerie malgache, cette pondération par le riz amène des résultats plus robustes qui permettent de s'affranchir des variations de prix interannuelles.

Pour l'étude des différents ateliers (systèmes de culture et d'élevage), nous pouvons ainsi comparer et optimiser le choix des ateliers sur la base :



• des marges dégagées (par hectare ou par animal), ce qui permet d'optimiser la ressource surfaces ou animaux disponibles, et/ou

• de la valorisation de la journée de travail familial, ce qui permet d'optimiser les ressources en travail familial.

Il est aussi très intéressant de comparer la valorisation de la journée de travail des différents ateliers au **coût d'opportunité** à un instant donné, dans un endroit donné, car ce coût d'opportunité varie fortement. Il faut donc pour cela connaître ce coût d'opportunité et identifier les différentes opportunités, par zone et en fonction des saisons. Une valorisation de la journée de travail inférieure au coût d'opportunité (si il y a des opportunités) indique que l'atelier considéré n'est pas intéressant.

De la même manière, au niveau de l'exploitation, les calculs de **la marge nette d'exploitation par actif, du revenu net total par actif et du solde de trésorerie par actif** permettent une comparaison avec d'autres activités que l'activité agricole. Si le revenu net total par actif est inférieur à un salaire annuel qu'il est possible d'obtenir à l'extérieur, l'activité agricole n'est pas intéressante.

Le **ratio d'intensification** (charges opérationnelles divisées par la marge brute) permet d'évaluer le risque pris pour conduire un système. Un ratio supérieur à 50% est potentiellement dangereux. Ce ratio est souvent de l'ordre de 30 % pour les systèmes en SCV diffusés à Madagascar.

Le **retour sur investissement** (marge nette/charges opérationnelles) donne une information sur l'intérêt de prendre un risque pour conduire un système. S'il est par exemple inférieur a 50 % on peut se poser réellement la question de l'intérêt de prendre un risque important (si le ratio d'intensification est fort) pour un si faible résultat. Un retour sur investissement supérieur à 200% indique un intérêt certain à prendre le risque d'intensifier la culture (à condition d'être capable de le supporter en cas d'échec!).

Le **ratio d'autoconsommation** permet de voir dans quelle mesure une exploitation est monétarisée. On considère qu'une exploitation est monétarisée quand elle a un ratio d'autoconsommation inférieur à 50%.

Le **ratio de couverture des besoins pas la production** permet de voir dans quelle mesure les exploitations sont autosuffisantes (en particulier en riz) ou non, ce qui est souvent un critère important de différenciation pour les typologies d'exploitations. De plus, il permet d'estimer dans quelle mesure les exploitations non-autosuffisantes doivent reposer sur les revenus non-agricoles pour subsister.

En plus de ces deux ratios, on peut s'intéresser à la part des revenus agricoles dans le ménage. On considère qu'une exploitation est agricole (et familiale) quand plus de 50% des revenus sont agricoles (et plus de 50% de la main d'œuvre est familiale).

Le **ratio de couverture des charges opérationnelles par l'emprunt** permet d'évaluer le risque pris en faisant cet emprunt. Au niveau de l'exploitation, un ratio supérieur à 2/3 constitue une prise de risque importante (incapacité à rembourser en cas d'accident de production) et fait baisser la marge nette du fait des frais financiers importants.

Enfin, un dernier indicateur intéressant est le **ratio d'endettement** qui permet d'éviter d'en-

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

gager les exploitations vers une situation où la dette est trop élevée et devient difficilement remboursable. De manière générale, ce ratio doit être maintenu en dessous de 30%.

Ces indicateurs économiques permettent donc de mesurer en situation réelle l'efficience économique des ateliers (marge brute et valorisation de la journée de travail) par activité ou au niveau de l'exploitation, et d'expliquer correctement les stratégies paysannes qui intègrent d'autres facteurs, en particulier la trésorerie et les risques.

L'évaluation et la comparaison de systèmes entre eux

L'évaluation et la comparaison des performances économiques de systèmes techniques (en particulier de systèmes de culture) nécessitent en revanche que ces comparaisons se fassent «toutes choses égales par ailleurs». Cette comparaison est indispensable pour la mise au point de systèmes et pour leur diffusion dans de bonnes conditions.

Afin de ne pas introduire un biais lié aux différences entre exploitations dans la comparaison entre systèmes, pour la petite agriculture familiale malgache et par convention, on compare systèmes et itinéraires techniques en considérant :

- que l'ensemble du travail est réalisé par de la main d'œuvre familiale ;
- qu'il n'y a pas d'amortissement du matériel,
- que la campagne se fait entièrement au comptant, sans crédit ;
- que les paysans peuvent exploiter leur terre sans frais locatifs ni redevance ou impôts (à l'exception d'une redevance pour l'eau dans des systèmes irrigués, qui peut être interprétée comme un coût d'intrant) ;
- que les semences sont auto-produites et prélevées sur la récolte précédente ;
- que l'ensemble de la production est vendue à la récolte (et donc au prix moyen à la récolte, ce qui permet d'éviter d'induire un biais lié aux variations saisonnières des prix, tout en prenant en compte l'intérêt des systèmes arrivant à production à une période où les prix sont intéressants).



De la même manière, pour éviter un biais lié au type de milieu sur lequel est conduit un système, la comparaison doit se réaliser par unité agronomique (ces unités sont définies pour chaque grande zone agroécologique dans le volume IV de ce manuel).

Pour chaque unité agronomique, on peut alors identifier les systèmes les plus performants sur cette unité. En étudiant les différentes unités agronomiques, on peut également identifier :

- les systèmes qui se comportent bien sur un grand nombre de situations, ou à l'inverse ;
- les systèmes très performants dans certaines situations mais peu efficaces dans d'autres situations qui leur sont moins favorables, ou ;
- les systèmes peu performants dans l'absolu, mais qui sont particulièrement bien adaptés à des situations très difficiles, qui permettent par exemple de mettre en valeur des zones très défavorisées.

De plus, comme les performances techniques et économiques des SCV évoluent avec le nombre d'années de semis direct, il est nécessaire d'effectuer des calculs par classes d'ancienneté de conduite en SCV. En particulier, il est indispensable de différencier l'année zéro de préparation des SCV (souvent avec labour), des parcelles sur SCV récemment installé (années 1 et 2) et des parcelles sur SCV ancien (par classes de deux ans au plus).

Enfin, les résultats étant forcément variables, il est nécessaire de conduire les comparaisons entre systèmes de cultures à partir de moyennes des différentes parcelles d'une même unité

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Les conventions de calcul

Le calcul des moyennes de production à l'hectare doit donc se faire en calculant la moyenne des rendements des parcelles de même classe d'âge d'utilisation en semis direct, ayant suivi le même itinéraire technique (en particulier au niveau de la fertilisation). Il est proposé de ne pas pondérer les rendements par les surfaces, mais de faire la moyenne des rendements de chaque parcelle du système considéré (valeur plus réaliste de la production moyenne du système, qui évite que des grandes parcelles n'aient un poids plus important que les petites parcelles, ce qui introduirait un biais, les grandes parcelles appartenant souvent à des paysans ayant des moyens plus importants et parce que sur ces parcelles, la conduite de l'itinéraire technique est plus irrégulière).

agronomique (5 au minimum), sur lesquelles le même système de culture/itinéraire technique a été pratiqué, sur des parcelles de même ancienneté en SCV. Il peut être intéressant de mentionner l'écart-type, surtout s'il est fort et indique une grande variabilité des performances du système concerné. Dans ce cas là on peut, à titre indicatif, calculer la performance du système sur les parcelles les moins bonnes et sur les meilleures.

Sur la base de ces conventions de calculs, au delà du produit brut, peu intéressant, on peut calculer pour chaque système, dans une unité agronomique donnée, pour une ancienneté de conduite en SCV donnée :

- les charges opérationnelles ;
- la marge brute du système avec travail 100 % familial (Ariary/ha), qui est aussi égale à la valeur ajoutée brute (puisque les subventions sont considérées comme nulles) ainsi qu'à la marge nette (vu que les charges de structure et les frais financiers sont considérés comme nuls) ;
- la productivité du travail 100 % familial (kg/jour ou kg/heure) ;
- la valorisation de la journée de travail avec travail 100 % familial (Ariary/jour ou Ariary/heure) ;
- le retour sur investissement avec un travail 100 % familial, sans recours au crédit (en %) ;
- le ratio d'intensification du système pour un travail 100 % familial (en %).

La marge permet de comparer les performances économiques des systèmes (combien ils rapportent) et d'identifier les systèmes qui valorisent le mieux la terre.

La productivité du travail et **la valorisation de la journée de travail** permettent d'identifier les systèmes qui valorisent le mieux la force de travail.

Les conventions de calcul

Pour effectuer ces calculs avec la main d'œuvre considérée comme 100 % familiale, il faut remplacer la main d'œuvre salariée par son équivalent en homme-jour familial, ce qui pose diverses difficultés ;
- on ne peut pas se baser sur le coût de cette main d'œuvre puisque son prix varie en fonction des périodes, et des types de tâches, et entre les différentes zones (selon l'abondance ou non de main d'œuvre).
- les durées d'une «journée de travail» varient en fonction des tâches (exemple d'une journée de labour de 4 heures, contre 6 à 8 heures pour du sarclage en fonction des zones) ;
- le cas des travaux à façon demande un traitement particulier.

Pour obtenir des résultats les plus significatifs possibles, il est proposé de :
- préciser systématiquement la période et le prix de la main d'œuvre, par tâche
- préciser systématiquement la durée en heures d'une « journée de travail », pour chaque tâche
- comptabiliser les travaux en heures, et ramener les résultats en journées de travail de 7 heures en moyenne ;
- pour les travaux à façon, comptabiliser le nombre d'heures de travail pour la tâche et calculer un coût horaire correspondant au coût de la tâche divisé par le temps passé. Ce calcul a l'avantage d'inclure alors une approximation de l'amortissement du matériel qui est pris en compte dans le prix du travail à façon, mais aussi de comptabiliser les heures de travail pour la tâche réalisée à façon. Le cas d'un labour en traction animale par exemple peut être comptabilisé ainsi : 5 journées de 4 h par hectare, pour deux personnes (plus l'attelage), et pour un coût total de 50 000 Ariary (exemple du Lac Alaotra), soit 40 heures de travail à un coût horaire de 1250 Ariary.

Ces mesures sont cependant très lourdes à conduire et ne peuvent l'être sur un grand nombre d'exploitations. Sur la base d'enquêtes et de mesures précises de ces données, il est toutefois possible de déterminer des temps de travaux standards locaux, qu'on peut alors utiliser pour ces calculs.

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Les temps de travaux au lac Alaotra

Pour le lac Alaotra et le moyen-ouest malgache par exemple, on peut utiliser ces temps (en hommes-jour/ha) :
Labour à la charrue : 10 (charrue et boeufs sont considérés à coût zéro, travail 4 à 5 heures/jour)
Labour : à l'*angady* : 80 ; Labour au motoculteur : 02 Hersage ou emmotage : 20
Repiquage : 30 Semis manuel en poquets maïs : 30 Semis manuel en poquets riz : 45
Semis manuel en poquets maïs + couverture : 45 (temps divisés par trois avec une canne planteuse)
Premier sarclage du riz : sur labour : 30 en SCV : 15 Deuxième sarclage : sur labour : 15 en SCV : 10
Passage d'herbicide (pulvérisateur à dos) : 01 Récolte et battage (pour rendement 2t/ha) : 25

Les **charges opérationnelles** représentent le montant de l'investissement à réaliser dans le système, ce qui est très souvent un facteur limitant pour les petites exploitations malgaches.

Le retour sur investissement permet d'identifier les systèmes qui valorisent le mieux le capital investi, alors que le **ratio d'intensification** permet de caractériser le risque à prendre pour conduire ces systèmes.

Les conventions de calcul

Pour comparer des systèmes entre eux, il est nécessaire de déterminer des prix de référence pour les différents produits et intrants. La détermination des prix unitaires est souvent rendue difficile par les fortes fluctuations au cours du temps, les différences entre zones (parfois à de très courtes distances) et par des variations dans la définition même des unités (souvent en unités locales, variables comme le *garaba*, le *kapoaka*, la charrette, etc.). Ces prix unitaires pouvant avoir une très forte influence sur la marge nette (en particulier les prix de vente des productions) et la valorisation de la journée de travail, il est indispensable de prendre pour les calculs des valeurs les plus réalistes possibles.

Pour **les prix de vente des produits**, il est recommandé de prendre les prix moyens de vente, au moment de la récolte, dans la zone d'achat la plus proche. Même si il est vrai que la totalité de la production n'est pas toujours vendue à ce moment là (d'autant plus qu'une partie importante de la production peut être conservée pour l'autoconsommation), c'est souvent à cette période que la plupart de la récolte est vendue, souvent pour rembourser les emprunts faits pour la campagne et payer la main d'œuvre pour la récolte.
Ce prix est souvent le plus faible de l'année (les prix baissant au moment de l'arrivée massive de la production sur le marché), ce qui évite de surestimer les performances économiques des systèmes testés. Cette approche permet également de mettre en valeur l'intérêt des systèmes qui permettent une récolte précoce, en période de soudure et donc à une période de prix de vente des produits élevés (il est pour cela important de bien distinguer les prix de vente des produits par système, en fonction de la période d'arrivée de la production sur les marchés).
Le suivi, sur les marchés locaux, des fluctuations des prix des produits est également intéressant car il permet une simulation des gains réalisables par une production précoce ou au contraire par un stockage des produits.

Pour l**es prix des intrants**, qui varient fortement dans le temps mais aussi entre zones et selon les modalités d'approvisionnement (achat direct sur place, approvisionnement par les projets, achat par groupements, etc.), il est recommandé d'utiliser les prix moyens obtenus au départ d'Antananarivo en début de campagne agricole, augmentés des coûts de transports. C'est en général le prix de revente des produits aux paysans encadrés par les opérateurs. Même si il est vrai que ce prix sera sans doute inférieur au prix payé par un paysan non encadré et achetant individuellement ses intrants sur place, l'essentiel de la diffusion se fera dans un premier temps au travers de projets de développement. Ce mode de calcul a l'avantage de permettre d'harmoniser les prix entre les différentes zones, et ainsi de comparer les performances des systèmes dans ces différentes zones.
Les semences sont considérées comme prélevées sur la récolte précédente et valorisées au prix de vente du produit majoré de 20 % pour l'épuration et le renouvellement partiel avec des semences sélectionnées. Pour les cas particuliers comme les boutures de pommes de terre, le maraîchage ou l'utilisation de semences hybrides, le prix à utiliser est le prix moyen de vente en début de campagne, dans la zone concernée.
Dans tous les cas, les prix unitaires employés et leur mode d'obtention doivent être clairement explicités.

Les indicateurs économiques utilisés pour comparer des systèmes entre eux à Madagascar

Rendement kg/ha **x** **Prix de vente** Ariary/kg **=** **Produit brut** Ariary/ha

: **--**

Temps de travail (100% familial) Jours (ou heures)/ha **=** **Productivité du travail (100% familial)** kg/jour ou kg/heure

Charges opérationnelles (Travail 100% familial) Ariary/ha **:** **Marge brute (100% familial)** Ariary/ha **=** **Ratio d'intensification (100% familial)** %

= **=**

Marge brute (Travail 100% familial) Ariary/ha **=** **Valeur ajoutée brute (Travail 100% familial)** Ariary/ha

Subventions = 0

=

Charges de structure = 0

Frais financiers = 0

Marge nette (Autofinancement 100% Travail 100% familial) Ariary/ha **:** **Charges opérationnelles (Travail 100% familial)** Ariary/ha **=** **Retour sur investissement (Travail 100% familial)** %

:

Temps de travail (100% familial) Jours (ou heures)/ha

=

Valorisation de la journée de travail (Travail 100% familial) Ariary/jour ou Ariary/heure

Nb : « : » signifie «divisé par»

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

La modélisation et l'évaluation des systèmes SCV dans Olympe

Olympe est un outil qui permet d'évaluer les performances économiques de systèmes dans le cadre d'exploitations (suivies sur un réseau de fermes de référence) et de faire des simulations d'évolutions de ces performances selon divers scénarios.

Les ateliers dans Olympe sont équivalents globalement aux itinéraires techniques des différents systèmes de culture ou d'élevage (que l'on peut grouper en catégories).

Dans Olympe, les ateliers ne sont pas reliés systématiquement à des parcelles. On peut gérer des parcelles précises en considérant un itinéraire technique lié par définition à une parcelle, selon le choix de l'utilisateur.

On peut aussi intégrer dans un atelier plusieurs cultures en association ou les mettre en cultures successives (avec le bouton «dérobé»). On peut donc imaginer dans Olympe que chaque atelier est lié à une parcelle, ou décider de ne pas le faire (ce qui ne change rien à l'analyse économique en elle-même).

Dans Olympe...

Dans Olympe, tous les montants sont exprimés en milliers d'Ariary.

La productivité et la valorisation du travail sont calculées par heure et par jour.

L'année 1 correspond à l'année en cours (celle où est obtenue la production). Pour les travaux réalisés l'année civile antérieure à l'année du résultat, on utilise «avant 1».

De même, pour les SCV, qui sont des systèmes de culture à moyen et long terme, on a dans Olympe le choix entre 3 techniques pour les caractériser ;

• utiliser le module «culture» (par définition ce sont des cultures annuelles). Mais il faut alors définir les itinéraires techniques, année par année sur 3 à 5 ans. C'est le système le plus souple mais celui qui prend le plus de temps à rentrer ;

• utiliser le mode «pluriannuel» en considérant que l'itinéraire technique est supérieur à 1 an et inférieur à 5 ans ; ce qui correspond relativement bien à la situation réelle ; ou

• considérer le système sur plus de 5 ans et alors utiliser le mode «Pérennes» en considérant chaque phase comme une année.

C'est cette dernière approche, en traitant les SCV comme des cultures pérennes qui est recommandée. Par convention donc, tous les systèmes SCV sont considérés comme des systèmes pérennes (combinaison de cultures annuelles dans une stratégie à 5 ou 10 ans, avec des associations/successions raisonnées) et sont rentrés dans Olympe comme tels.

Dans tous les cas, le résultat économique obtenu concerne l'ensemble du système. Par exemple, si nous avons un système SCV basé sur une association de maïs + niébé, il n'est alors pas possible de séparer les résultats du maïs de ceux du niébé. Si on souhaite les séparer, il faut réaliser un système maïs sans niébé et d'un autre côté un second itinéraire technique niébé en «dérobé», qui sera associé au premier itinéraire du maïs.

Après avoir renseigné les différents produits et charges, on obtient les différents indicateurs par activité ou au niveau de l'exploitation.

Les marges brutes par activité se trouvent dans le tableau «marges» dans «Résultats» dans «Entreprises», après avoir sélectionné les types de produits voulus (exemple ; tous les riz, tous les SCV, tout maraîchage, tout contre-saison, tout élevage etc.).

La marge par activité ou type d'activité au niveau exploitation permet de connaître l'origine et la formation du revenu agricole par type d'activité ou produit. Par exemple, la marge riz (tous itinéraires techniques confondus) ou la marge maïs ou pomme de terre.

A partir d'Olympe, on peut exporter les tableaux de marge par atelier sur tableur (Excel) et

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

obtenir un tableau global de tous les résultats économiques par atelier (itinéraires techniques).

Au niveau exploitation, on obtient la marge dans le tableau «Recettes dépenses» ou «Recettes dépenses grands postes (synthèse)». La comparaison des marges entre elles et celle de la valorisation de la journée de travail par activité (expression économique de la productivité du travail) avec le coût d'opportunité permet de comprendre les stratégies d'affectation des facteurs de production et en particulier du facteur travail.

Pour le calcul du solde de trésorerie, les revenus non-agricoles sont rentrés dans le compte «famille» en «Recettes famille» et on crée un indicateur «Revenu off-farm» qui totalise tous ces revenus extérieurs. On crée ensuite un indicateur «Revenu total calculé» égal à la marge nette (appelée «résultat») + ces «Revenus off-farm». On crée enfin un indicateur «Revenu total réel» (le solde de trésorerie) qui est égal au «Revenu total calculé» moins la valeur totale des productions autoconsommées.

Une des difficultés de ce travail est qu'il existe très souvent une différence entre ce que déclare le paysan lors des enquêtes et ce qu'il pratique réellement. En effet, l'approche exploitation qui permet une vision globale du système d'activité sur un laps de temps long (un an dans notre cas) est très différente de l'approche que les paysans ont de leur exploitation. Les données de l'année passée sont parfois très difficiles à obtenir, et ce d'autant plus que nous avons affaire à des systèmes diversifiés, complexes, à forte intégration entre le système de production et le ménage (la part d'autoconsommation est très importante), dans lesquels de nombreux acteurs interviennent (main d'œuvre familiale parfois nombreuse mais pas tout le temps disponible, emploi de main d'œuvre temporaire et/ou permanente, existence de contrats de travail temporaire), en fonction des contraintes et opportunités qui pèsent sur le paysan. A cela s'ajoute que la majorité des paysans malgaches n'ont pas du tout une vision mercantile de leur exploitation. Leur stratégie n'est pas nécessairement d'optimiser leurs facteurs de production dans un objectif de maximisation de leur gains.



Pour limiter les risques d'erreurs, il faut procéder à des vérifications et pour cela, nous créons sous Olympe :

• une variable «Nombre de personnes à nourrir sur l'exploitation» qui récapitule le nombre de membres de la famille ainsi que le nombre de salariés permanents nourris ;

• une variable «Autoconsommation déclarée» à laquelle on attribue en kilogramme la quantité de riz déclarée comme non vendue par le paysan ;

• un indicateur «Autoconsommation calculée» qui correspond à la variable nombre de personnes à nourrir sur l'exploitation multipliée par la consommation de paddy moyenne par malgache ;

• un indicateur sous forme de ratio de la variable «Autoconsommation déclarée» sur l'indicateur «Autoconsommation calculée», intitulé «Autoconsommation déclarée sur calculée» ;

• deux indicateurs «Part d'autoconsommation déclarée» et «Part d'autoconsommation calculée» qui correspondent respectivement au ratio entre la quantité de paddy non vendue par la famille et la quantité totale produite sur l'exploitation, et au ratio entre la quantité de paddy autoconsommée calculée et la quantité totale produite sur l'exploitation.

• deux indicateurs «Autoconsommation déclarée sur Dépenses familiales» et «Autoconsommation calculée sur dépenses familiales» qui nous donnent en pourcentage la part que représente l'autoconsommation dans les dépenses de la famille.

• deux indicateurs «Autoconsommation déclarée sur Solde» et «Autoconsommation calcu-

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

lée sur solde» qui nous donnent en pourcentage la part que représente l'autoconsommation sur le solde du système d'activité.

Nous ne prenons pas en compte les frais de décorticage dans le calcul de la valeur de la production auto consommée calculée (dans l'indicateur). Comme son nom l'indique, cet indicateur nous permet juste de visualiser l'impact de la surestimation de l'autoconsommation déclarée sur les différents calculs économiques.

Quelques exemples de calculs économiques

Fiche détaillée d'évaluation des performances d'une association de cultures

Comparons par exemple les performances économiques de 3 parcelles au sein d'exploitations au Lac Alaotra, parcelles cultivées durant la saison 2009/2010 et ayant les caractéristiques suivantes :

Parcelle A

Unité agronomique : Sol moyennement riche de *tanety*, non compacté
Nombre d'années en semis direct : 0 (système conventionnel)
Système de culture : Maïs // riz pluvial en système conventionnel avec labour
Financement de la campagne : Engrais à crédit
Main d'œuvre : Salariée temporaire et familiale
Cultures en 2009/10 : Maïs ;
Surface de la parcelle : 50 ares



Parcelle B

Unité agronomique : Sol moyennement riche de *tanety*, non compacté
Nombre d'années en semis direct : 0 (préparation du semis direct)
Système de culture : Maïs + niébé // riz pluvial en rotation, en semis direct
Financement de la campagne : Engrais à crédit
Main d'œuvre : Salariée temporaire et familiale
Cultures en 2009/10: Maïs + niébé ;
Surface de la parcelle : 20 ares

Parcelle C

Unité agronomique : Sol moyennement riche de *tanety*, non compacté
Nombre d'années en semis direct : 4
Système de culture : Maïs + niébé // riz pluvial en rotation, en semis direct
Financement de la campagne : Engrais à crédit
Main d'œuvre : Salariée temporaire et familiale
Cultures en 2009/10: Maïs + niébé ;
Surface de la parcelle : 10 ares

Les calculs d'indicateurs économiques sur ces parcelles nous donnent par exemple les résultats suivants :

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Performances économiques de la culture de maïs en système conventionnel (Parcelle A)

	Unité	Quantité (parcelle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**498 000**
Maïs (total)	kg	**900**	**1 800**	**277**	**498 000**
Maïs (vente 1)	kg	500	1 000	250	250 000
Maïs (vente 2)	kg	200	400	300	120 000
Maïs (Vente 3)	kg	200	400	320	128 000
Charges opérationnelles					**214 750**
Semences					***15 000***
Culture	kg	13	25	600	15 000
Plante de couverture	kg	0	0	400	0
Engrais					***48 500***
NPK	*kg*	25	*50*	970	48 500
Urée	*kg*	0	*0*	870	0
Fumier	*kg*	1 000	*2 000*	0	0
Herbicides					***0***
2,4-D	*l*	0.00	*0.00*	5 600	0
Insecticides et fongicides					***0***
Cyperméthrine	*l*	0.00	*0.00*	13 600	0
Thiram	*l*	0.00	*0.00*	9 800	0
Main d'œuvre temporaire (heures)		***155***	***310***		***151 250***
Labour	homme.heure	20	40	1 250	50 000
Hersage	homme.heure	25	50	375	18 750
Sarclage	homme.heure	50	100	375	37 500
Récolte	homme.heure	40	80	375	30 000
Battage et conditionnement	homme.heure	20	40	375	15 000
Marge brute					**283 250**
Subventions					0
Valeur ajoutée brute					**283 250**
Main d'œuvre familiale (heures)		**323**	**645**		
Labour	homme.heure	0	0		
Hersage	homme.heure	50	100		
Paillage (y compris temps de coupe et transport)	homme.heure	0	0		
Herbicidage	homme.heure	0	0		
Traitement de semences	homme.heure	0	0		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	13	25		
Semis	homme.heure	100	200		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	75	150		
Traitement insecticide	homme.heure	0	0		
Récolte	homme.heure	50	100	375	37 500
Battage et conditionnement	homme.heure	35	70	375	26 250
Productivité du travail (familial)	kg de maïs/jour (8h)				**22.3**
Valorisation brute de la journée de travail familial	Ariary/jour (8h)				**3 513**
Charges de structure	Ariary/ha				***0***
Intérêts sur emprunt de campagne	Ariary/ha				***7 275***
Marge nette	Ariary/ha				**275 975**
Valorisation nette de la journée de travail familial	Ariary/jour (8h)				**3 423**
Retour sur investissement	%				**128.5%**
Ratio d'intensification	%				**75.8%**

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Performances économiques de la culture de maïs + niébé en année zéro de SCV (Parcelle B)

	Unité	Quantité (parcelle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**1 131 000**
Maïs (total)	kg	**660**	**3 300**	**282**	**931 000**
Maïs (vente 1)	kg	300	1 500	250	375 000
Maïs (vente 2)	kg	200	1 000	300	300 000
Maïs (Vente 3)	kg	160	800	320	256 000
Niébé	**kg**	**100**	**500**	**400**	**200 000**
Charges opérationnelles					**448 375**
Semences					***23 000***
Culture	kg	5	25	600	15 000
Plante de couverture	kg	4	20	400	8 000
Engrais					***210 750***
NPK	*kg*	30	*150*	970	145 500
Urée	*kg*	15	*75*	870	65 250
Fumier	*kg*	400	*2 000*	0	0
Herbicides					***5 600***
2,4-D	*l*	0.20	*1.00*	5 600	5 600
Insecticides et fongicides					***3 400***
Cyperméthrine	*l*	0.05	*0.25*	13 600	3 400
Main d'œuvre temporaire (heures)		***131***	***655***		***205 625***
Labour	homme.heure	8	40	1 250	50 000
Hersage	homme.heure	20	100	375	37 500
Paillage (y compris temps de coupe et transport)	homme.heure	20	100	375	37 500
Semis	homme.heure	40	200		
Récolte	homme.heure	28	140	375	52 500
Battage et conditionnement	homme.heure	15	75	375	28 125
Marge brute					**682 625**
Subventions					0
Valeur ajoutée brute					**682 625**
Main d'œuvre familiale (heures)		**142**	**710**		
Labour	homme.heure	0	0		
Hersage	homme.heure	10	50		
Paillage (y compris temps de coupe et transport)	homme.heure	20	100		
Herbicidage	homme.heure	5	25		
Traitement de semences	homme.heure	1	5		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	6	30		
Semis	homme.heure	30	150		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	20	100		
Traitement insecticide	homme.heure	15	75		
Récolte	homme.heure	20	100		
Battage et conditionnement	homme.heure	15	75		
Productivité du travail (familial)	kg de maïs/jour (8h)				**37.2**
Valorisation brute de la journée de travail	Ariary/jour (8h)				**7 692**
Charges de structure	Ariary/ha				***0***
Intérêts sur emprunt de campagne	Ariary/ha				***31 613***
Marge nette	Ariary/ha				**651 013**
Valorisation nette de la journée de travail	Ariary/jour (8h)				**7 335**
Retour sur investissement	%				**145.2%**
Ratio d'intensification	%				**65.7%**

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Performances économiques de la culture de maïs + niébé en année quatre de SCV (Parcelle C)

	Unité	Quantité (par-celle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**1 295 000**
Maïs (total)	kg	**370**	**3 700**	**285**	**1 055 000**
Maïs (vente 1)	kg	150	1 500	250	375 000
Maïs (vente 2)	kg	120	1 200	300	360 000
Maïs (Vente 3)	kg	100	1 000	320	320 000
Niébé	**kg**	**100**	**600**	**400**	**240 000**
Charges opérationnelles					**412 850**
Semences					***23 000***
Culture	kg	2.5	25	600	15 000
Plante de couverture	kg	2	20	400	8 000
Engrais					***210 750***
NPK	*kg*	15	*150*	970	145 500
Urée	*kg*	7.5	*75*	870	65 250
Fumier	*kg*	200	*2 000*	0	0
Herbicides					***29 800***
2,4-D	*l*	0.10	*1.00*	5 600	5 600
Glyphosate	*l*	0.20	*2.00*	14 900	29 800
Insecticides et fongicides					***6 800***
Cyperméthrine	*l*	0.050	*0.50*	13 600	6 800
Main d'œuvre temporaire (heures)		***38***	***380***		***142 500***
Labour	homme.heure	0	0	1 250	0
Hersage	homme.heure	0	0	1 250	0
Semis	homme.heure	15	150	375	56 250
Récolte	homme.heure	15	150	375	56 250
Battage et conditionnement	homme.heure	8	80	375	30 000
Marge brute					**882 150**
Subventions					0
Valeur ajoutée brute					**882 150**
Main d'œuvre familiale (heures)		**60**	**595**		
Labour	homme.heure	0	0		
Hersage	homme.heure	0	0		
Herbicidage	homme.heure	1	10		
Traitement de semences	homme.heure	0.5	5		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	4	40		
Semis	homme.heure	20	200		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	10	100		
Traitement insecticide	homme.heure	2.0	20		
Récolte	homme.heure	14	140	120	16 800
Battage et conditionnement	homme.heure	8	80	120	9 600
Productivité du travail (familial)	kg de maïs/jour (8h)				**49.7**
Valorisation brute de la journée de travail	Ariary/jour (8 h)				**11 861**
Charges de structure	Ariary/ha				***0***
Intérêts sur emprunt de campagne	Ariary/ha				***31 613***
Marge nette	Ariary/ha				**850 538**
Valorisation nette de la journée de travail	Ariary/jour (8h)				**11 436**
Retour sur investissement	%				**206.0%**
Ratio d'intensification	%				**46.8%**

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Ces résultats montrent que :

• dans ces conditions d'exploitation, le maïs en culture conventionnelle avec labour, dégage une marge nette assez faible, et valorise la journée de travail à un niveau proche du coût d'opportunité. Le retour sur investissement est moyen, principalement du fait de l'investissement nécessaire en main d'œuvre temporaire pour conduire ce système. Le ratio d'intensification de cette parcelle est élevé, et représenterait un risque si l'investissement était important.

• l'entrée dans le semis direct pour ce système maïs + niébé demande un investissement relativement important, en particulier en engrais et en main d 'œuvre salariée (les temps de travaux étant importants en année «zéro» de préparation des SCV), qui fait courir un risque considérable en année zéro mais est relativement bien valorisé. Ce système permet d'obtenir une marge nette beaucoup plus importante que le système conventionnel et double la valorisation de la journée de travail familial, principalement du fait de l'augmentation de la production liée à l'apport d'engrais et à la production de deux cultures associées.

• en quatrième année de SCV, la réduction importante des temps de travaux (pas de labour, sarclages très limités, mais augmentation du temps de récolte du fait d'une production plus importante) et l'augmentation des rendements, font que ce système atteint de très bonnes performances économiques, avec une valorisation de la journée de travail élevée, un bon retour sur investissement pour un ratio d'intensification raisonnable et une bonne productivité du travail (familial).



Comparaison de systèmes de culture

Toutefois, ces calculs ne nous permettent pas de comparer les systèmes entre eux, en particulier du fait de l'influence importante dans les charges opérationnelles de la part de la main d'œuvre salariée.

Ainsi par exemple, la productivité du travail (familial) dans la parcelle A sur labour est faible (22,3 kg de maïs /jour) en comparaison de celle de la parcelle B (37,2 kg de maïs/jour) et de la parcelle C (49,7 kg de maïs/jour), d'autant plus que la production de niébé dans les parcelles B et C n'est pas prise en compte.

Les paramètres économiques comme la productivité du travail, la valorisation de la journée de travail ou la marge nette des systèmes doivent donc se comparer en considérant en particulier l'ensemble du travail comme étant du travail familial.

On obtient ainsi des résultats sensiblement différents, qui relativisent les calculs précédents. Ainsi, la forte productivité du travail familial de la parcelle B est largement liée à la part importante de travail salarié temporaire utilisée dans cette parcelle par exemple.

De la même manière, le retour sur investissement relativement faible ou le ratio d'intensification élevé de la parcelle A (pourtant très peu intensifiée) sont avant tout liés à la très forte part de la main d'œuvre salariée temporaire dans les charges opérationnelles de cette parcelle.

Ainsi, les calculs permettant de comparer les systèmes (avec main d 'œuvre considérée comme 100% familiale, toute la campagne menée sans crédit, vendue à la récolte, etc.) donnent les résultats suivants :

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Parcelle A

	Unité	Quantité (parcelle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**450 000**
Maïs (total)	kg	**900**	**1 800**	**250**	**450 000**
Charges opérationnelles					**54 750**
Semences					***6 250***
Culture	kg	13	25	250	6 250
Engrais					***48 500***
Herbicides					***0***
Insecticides et fongicides					***0***
Marge brute					**395 250**
Main d'œuvre familiale (heures)		**458**	**955**		
Labour	homme.heure	20	40		
Hersage	homme.heure	75	150		
Paillage (y compris temps de coupe et transport)	homme.heure	0	0		
Herbicidage	homme.heure	0	0		
Traitement de semences	homme.heure	0	0		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	13	25		
Semis	homme.heure	100	200		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	125	250		
Traitement insecticide	homme.heure	0	0		
Récolte	homme.heure	90	180		
Battage et conditionnement	homme.heure	55	110		
Productivité du travail (100% familial)	kg de maïs/jour (8h)				**15.1**
Marge nette	Ariary/ha				**395 250**
Valorisation nette de la journée de travail familial	Ariary/jour (8h)				**3 311**
Retour sur investissement	%				**721.9%**
Ratio d'intensification	%				**13.9%**

Parcelle B

	Unité	Quantité (parcelle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**1 025 000**
Maïs (total)	kg	**660**	**3 300**	**250**	**825 000**
Niébé	**kg**	**100**	**500**	**400**	**200 000**
Charges opérationnelles					**234 000**
Semences					***14 250***
Culture	kg	5	25	250	6 250
Plante de couverture	kg	4	20	400	8 000
Engrais					***210 750***
Herbicides					***5 600***
Insecticides et fongicides					***3 400***
Marge brute					**791 000**
Main d'œuvre familiale (heures)		**273**	**1 365**		
Labour	homme.heure	8	40		
Hersage	homme.heure	30	150		
Paillage (y compris temps de coupe et transport)	homme.heure	40	200		
Herbicidage	homme.heure	5	25		
Traitement de semences	homme.heure	1	5		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	6	30		
Semis	homme.heure	70	350		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	20	100		
Traitement insecticide	homme.heure	15	75		
Récolte	homme.heure	48	240		
Battage et conditionnement	homme.heure	30	150		
Productivité du travail (100% familial)	kg de maïs/jour (8h)				**19.3**
Marge nette	Ariary/ha				**791 000**
Valorisation nette de la journée de travail	Ariary/jour (8h)				**4 636**
Retour sur investissement	%				**338.0%**
Ratio d'intensification	%				**29.6%**

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

Parcelle C

	Unité	Quantité (parcelle)	Quantité pour un hectare	Prix unitaire (Ariary)	Valeur (Ariary) par hectare
Produit brut					**1 165 000**
Maïs (total)	kg	**370**	**3 700**	**250**	**925 000**
Niébé	**kg**	**100**	**600**	**400**	**240 000**
Charges opérationnelles					**261 600**
Semences					***14 250***
Culture	kg	2.5	25	250	6 250
Plante de couverture	kg	2	20	400	8 000
Engrais					***210 750***
Herbicides					***29 800***
Insecticides et fongicides					***6 800***
Marge brute					**903 400**
Main d'œuvre familiale (heures)		**98**	**975**		
Labour	homme.heure	0	0		
Hersage	homme.heure	0	0		
Herbicidage	homme.heure	1	10		
Traitement de semences	homme.heure	0.5	5		
Epandage fumier et engrais	homme.heure	4	40		
Semis	homme.heure	35	350		
Arrosage	homme.heure	0	0		
Sarclage	homme.heure	10	100		
Traitement insecticide	homme.heure	2.0	20		
Récolte	homme.heure	29	290	120	34 800
Battage et conditionnement	homme.heure	16	160	120	19 200
Productivité du travail (100% familial)	kg de maïs/jour (8h)				**30.4**
Marge nette	Ariary/ha				**903 400**
Valorisation nette de la journée de travail	Ariary/jour (8h)				**7 413**
Retour sur investissement	%				**345.3%**
Ratio d'intensification	%				**29.0%**

Si ces nouveaux calculs ne nous donnent plus une vision des performances réelles des systèmes dans le cadre de ces exploitations, ils nous permettent en revanche de comparer des systèmes techniques, toutes choses égales par ailleurs, sans biais liés aux conditions socio-économiques des exploitations (part de la main d 'œuvre salariée temporaire, prix d'achat des intrants, frais financiers, etc.).

On a ainsi la possibilité de comparer les productivités ou les valorisations de la journée de travail des différents systèmes. On voit ainsi (même si ces résultats ne sont que sur une seule parcelle par système et qu'il faudrait dans l'absolu le faire sur des moyennes de plusieurs parcelles pour chaque système) que :

• la productivité du travail du système maïs + niébé en SCV en année «zéro» n'est que légèrement supérieure au système conventionnel du fait de temps de travaux supérieurs (labour et paillage nécessaires), mais qu'après quelques années de semis direct, elle augmente fortement (plus de labour et réduction forte des temps de sarclage).

• la valorisation de la journée de travail est supérieure en SCV . Cela est lié en année «zéro» avant tout à l'intensification des systèmes et ainsi à un produit brut très supérieur. Après quelques années de SCV, cette valorisation de la journée de travail devient très supérieure, à la fois du fait d'une augmentation des rendements mais aussi de la diminution des temps de travaux.

• les ratios d'intensification des systèmes SCV sont supérieurs à celui du système conventionnel, mais restent cependant très raisonnables (inférieurs à 30 %), avec un retour sur investissement très intéressant.

Les calculs économiques pour l'évaluation des systèmes

En résumé

Pour l'évaluation économique des systèmes de culture à Madagascar, on considère les éléments suivants :

Produit brut (Ariary/ha) = rendement (kg/ha) x prix de vente (Ariary/kg)

Charges opérationnelles (= consommations intermédiaires = frais variables), c'est à dire ce qui disparait dans l'acte de production, qui incluent en particulier :

- **les semences, les engrais, les produits phytosanitaires (herbicides, insecticides, etc.),**
- **les coûts de motorisation (essence, huile), mais aussi :**
- **la redevance pour l'eau,**
- **le coût de location de la terre (fermage),**
- **les frais vétérinaires, l'alimentation et l'achat d'animaux (pour les ateliers élevage), et**
- **toutes les charges salariales temporaires affectées à la culture.**



Marge brute (Ariary/ha) = Produit brut (Ariary/ha) - Charges opérationnelles (Ariary/ha)

Valeur Ajoutée Brute (Ariary/ha) = Marge brute (Ariary/ha) - Subventions (Ariary/ha)

Marge nette (Ariary/ha) = Marge brute - charges de structure - frais financiers

Valorisation de la journée de travail (Ariary /jour) = Marge (Ariary/ha) / Temps de travail (Jours/ha)

Productivité du travail (kg/jour) = Rendement (kg/ha) / Temps de travail (jours/ha)

Ratio d'intensification (%) = Charges opérationnelles (Ariary/ha) / Marge brute (Ariary/ha)

Retour sur investissement (%) = Marge nette (Ariary/ha) / Charges opérationnelles (Ariary/ha)

Pour comparer des systèmes entre eux, on considère :

- **que l'ensemble du travail se fait avec de la main d'œuvre familiale ;**
- **qu'il n'y a pas de frais financiers (pas d'emprunt pour la culture) ;**
- **qu'il n'y a pas de charges de structure, ni de subventions, ce qui fait que :**

Marge brute = Marge nette = Valeur ajoutée brute

Au niveau d'une exploitation, la somme des différents ateliers (divisée par le nombre d'années) permet de calculer annuellement :

- **le produit brut de l'exploitation (somme des produits bruts, en Ariary/an)**
- **les charges opérationnelles de l'exploitation (somme des charges opérationnelles, en Ariary/an)**
- **les marges brutes et nettes de l'exploitation (Ariary/an)**
- **les charges de structure et frais financiers de l'exploitation (Ariary/an)**
- **la valorisation de la journée de travail (Ariary/jour)**
- **le ratio d'intensification et le retour sur investissement de l'exploitation (%)**
- **le revenu net total de l'exploitation (Marge nette de l'exploitation + Revenu non agricole ; Ariary/an)**
- **le solde de trésorerie de l'exploitation (Revenu net total - consommation du ménage ; Ariary/an)**

Edition : GSDM/CIRAD Photos : Olivier HUSSON, Eric PENOT, RAKOTONDRAMANANA, Mamy RAFARALAHISOA et Philippe GRANDJEAN. Mise en page : Olivier HUSSON
Dessins : RAMAFA Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr



Annexe 3

Les unités agronomiques pour la conception de systèmes SCV : définition, identification, utilisation

Olivier HUSSON, Hubert CHARPENTIER, Roger MICHELLON
Tahina RAHARISON, Joachin RASOLOMANJAKA, Frank ENJALRIC,
Krishna NAUDIN, RAKOTONDRAMANANA, Lucien Séguy

Novembre 2012

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

FFEM

Ministère de l'Agriculture

1. Rappels sur le fonctionnement des systèmes SCV

L'Agriculture de Conservation repose sur trois grand piliers :

* un travail du sol minimum
* une couverture permanente du sol, et
* des rotations et successions de cultures.

Les systèmes en Semis Direct sur Couverture Végétale permanente (SCV) font partie de la famille de l'Agriculture de Conservation. Ils cherchent à intensifier les processus écologiques, en particulier dans les sols, pour atteindre une production durable et remplir des services écosystémiques (intensification écologique). En reproduisant le fonctionnement d'un écosystème forestier, les systèmes SCV visent à accroître l'efficacité des pratiques d'Agriculture de Conservation par l'introduction de plantes de couverture multifonctionnelles, en association ou succession avec les cultures principales, à chaque fois que l'espace ou le temps le permettent. Cela conduit à une meilleure utilisation des ressources (en particulier l'eau), une protection permanente du sol, une forte production de biomasse et ainsi une restitution importante de matières organiques au sol.

Le prototypage de systèmes SCV innovants repose largement sur un modèle conceptuel de fonctionnement des systèmes SCV schématisé sur la page suivante.

Pour assurer la production, quatre grandes fonctions agronomiques doivent être assurées :

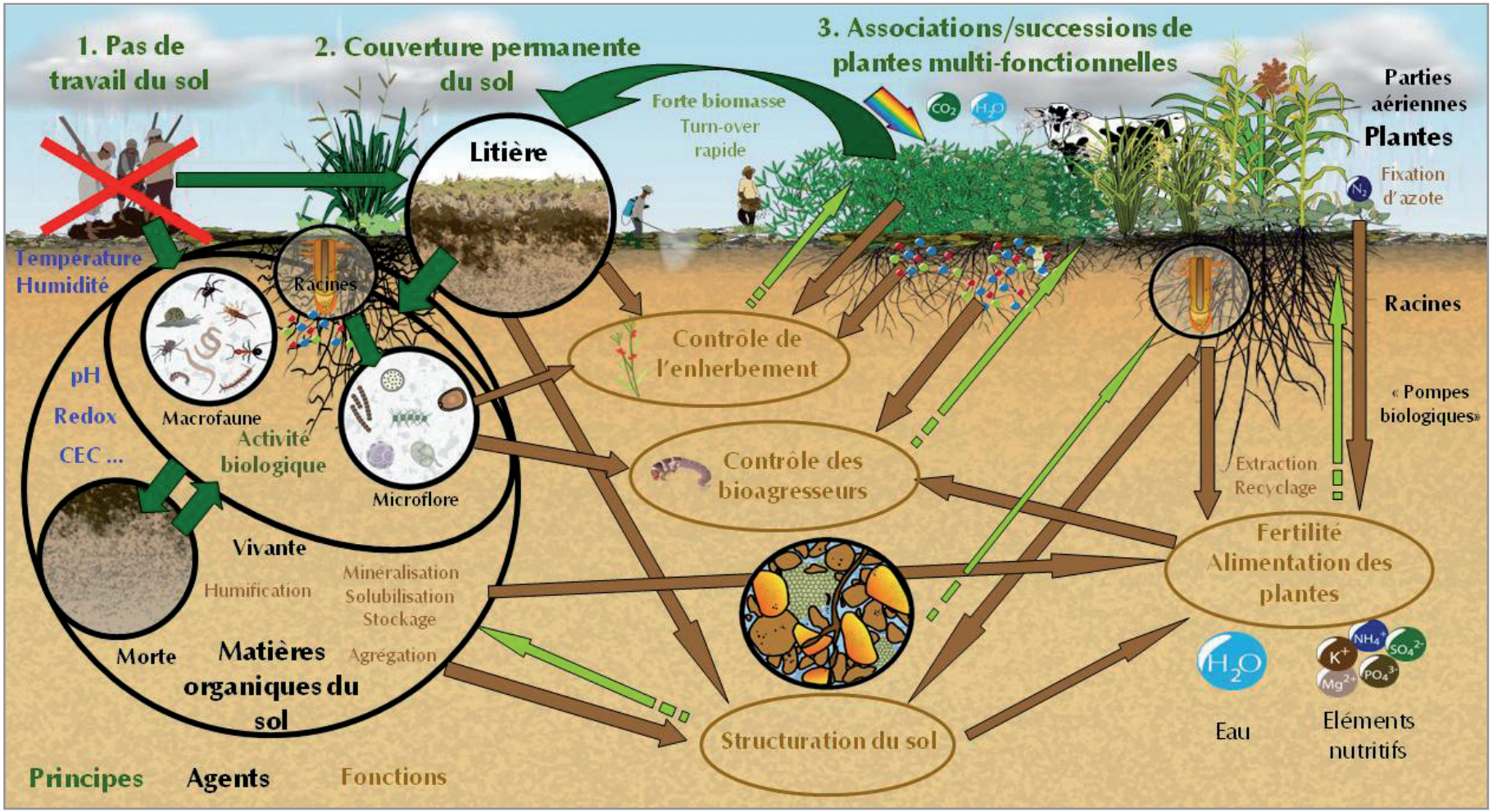
* la structuration du sol ;
* l'alimentation régulière des plantes en eau et en éléments nutritifs ;
* le contrôle des adventices ; et
* le contrôle des bioagresseurs.



Structuration du sol par l'activité biologique

En agriculture conventionnelle, ces quatre grandes fonctions sont assurées directement par les itinéraires techniques (travail du sol, apport d'engrais, irrigation, utilisation de pesticides, etc.). Dans les systèmes SCV, ces fonctions sont assurées par des agents qui agissent en interactions multiples. Les principes sur lesquels reposent l'agriculture de conservation visent à favoriser ces agents : plantes, litière, matières organiques du sol, micro-organismes, ingénieurs écologiques, etc.

Ainsi, la structuration du sol est assurée conjointement par les racines puissantes des plantes de couverture et des cultures, la matière organique du sol, et l'activité biologique intense. Le sol est de plus protégé en surface par la litière et les plantes (couverture végétale permanente). L'alimentation des plantes en eau est assurée par une bonne porosité du sol qui permet infiltration et stockage de l'eau, et par un enracinement profond des cultures. La nutrition des plantes est assurée par une minéralisation régulière, l'utilisation de «pompes biologiques» qui mobilisent et recyclent les éléments nutritifs non accessibles aux cultures, et un bon enracinement des cultures dans un sol bien structuré. Le contrôle des adventices est assuré par la couverture végétale permanente du sol, les plantes de couverture (compétition et effets allélopathiques) et l'activité biologique (destruction des graines d'adventices). Enfin, le contrôle des bioagresseurs est assuré par une bonne alimentation des plantes, des conditions de milieu qui sont peu favorables aux pathogènes (pH et potentiel redox), les plantes de services incluses dans la rotation et la mobilisation d 'entomopathogènes conformément aux



Les principes de l'Agriculture de Conservation / SCV permettent de développer des agents (plantes, litière, matières organiques du sol, micro-organismes, ingénieurs écologiques, etc.) qui modifient le milieu et assurent les grandes fonctions agronomiques nécessaires à la production

principes de la gestion intégrée des ravageurs. En retour, ces conditions favorables aux micro-organismes et à la faune utiles et au développement des plantes permettent une bonne production de biomasse, qui alimente les cycles de la matière organique.

Les systèmes SCV cherchent ainsi à lever les contraintes principales du milieu en mobilisant des agents, et en premier lieu des plantes, qui modifient le milieu (porosité, température, humidité, pH, potentiel redox, Capacité d'Echange Cationique, etc.) et remplissent conjointement des fonctions agronomiques.

Pour les systèmes SCV, le troisième principe de l'Agriculture de Conservation (associations et successions de cultures) est considéré comme le plus important, celui qui permet de réellement mobiliser ces agents. La forte production de biomasse multifonctionnelle alimente la litière, qui alimente les matières organiques du sol, qui nourrissent à leur tour les organismes vivants dans un turn-over rapide. Tous ces agents assurent les différentes fonctions en interactions. Les deux premiers principes favorisent simplement le maintien des conditions favorables à ces agents, créées par le flux continu de matière organique engendré par la forte production de biomasse.



Systèmes SCV à très forte production de biomasse

Dans ce modèle, la quantité de biomasse retournée au sol détermine largement l'intensité avec laquelle les services sont rendus, alors que la qualité de la biomasse (espèces végétales produites) détermine largement le type de service rendu.

La construction des systèmes SCV repose donc avant tout sur le choix des espèces intégrées dans les systèmes de culture. Les associations et successions de cultures et de plantes de couverture visent à :

* optimiser la production de biomasse sans nuire au rendement de la culture principale et

* inclure dans les systèmes de culture des espèces sélectionnées pour leur traits fonctionnels, capables de remplir le plus efficacement possible les fonctions agronomiques les plus contraintes dans une situation donnée.

Les espèces qu'il est possible d'associer ou d'inclure dans les successions , et donc les systèmes SCV qu'il est possible de construire, sont très fortement liés au milieu. La caractérisation du milieu d'intervention est donc une étape-clé dans le prototypage de systèmes SCV.

2. Définition, utilisation et intérêts des unités agronomiques

Les unités agronomiques sont définies de manière à constituer des ensembles homogènes, pour lesquels on peut proposer un ensemble de systèmes de culture en SCV communs. Il s'agit donc de la plus petite unité discriminante des possibilités de systèmes de culture. Ainsi, si tous les systèmes de cultures que l'on peut proposer sont identiques, les parcelles appartiennent à la même unité agronomique. A l'inverse, si des systèmes différents peuvent être proposés d'une parcelle à une autre, ces deux parcelles n'appartiennent pas à la même unité agronomique.

Ce concept d'unité agronomique constitue un outil pratique qui permet de structurer le milieu sur la base de quelques critères très simples, et ainsi d'appréhender facilement la grande diversité des situations. Cette structuration de l'espace sur des bases agronomiques permet de se repérer facilement dans le milieu et ainsi d'orienter efficacement les recommandations à apporter dans le cadre d'un véritable conseil à l'exploitation.

Ce concept d'unité agronomique adapté aux systèmes SCV constitue également un outil utile

dans le domaine de l'ingénierie agronomique, pour la mise au point de systèmes de culture : après identification des principales unités agronomiques d'une zone donnée, la conception de systèmes de culture se fait unité agronomique par unité agronomique.



Sols riches de tanety et rizières exondées dans la vallée Hautes-terres

Ces unités agronomiques peuvent aussi être utilisées pour la formation aux pratiques SCV, illustrant comment les systèmes sont construits en fonction des conditions propres à chaque unité agronomique et mettant en avant les clés de décision dans le choix des plantes à inclure dans les systèmes. Dans ce but, ce manuel pratique du semis direct à Madagascar est conçu autour de la notion d'unité agronomique : les systèmes à recommander pour une zone agroécologique sont présentés unité agronomique par unité agronomique (cf. volume IV). De plus, les fiches techniques par plante (cf volume III) et par système (cf volume V) font référence à ces unités agronomiques : chaque fiche comporte un paragraphe : «où les recommander» qui permet de resituer dans quels milieux ces plantes/systèmes de culture sont recommandés.

Enfin, ces unités sont utiles pour les projets de développement qui peuvent ainsi adapter les messages localement pour un conseil à l'exploitation. Elles facilitent aussi le pilotage de ces projets : pour le suivi des opérations de diffusion, la caractérisation des parcelles par cette notion d'unité agronomique dans les bases de données permet d'exploiter facilement et de manière cohérente les résultats agronomiques obtenus. On peut ainsi en tirer des informations importantes sur les performances des différents systèmes, dans les différentes conditions de mise en oeuvre. Cela permet en particulier d'évaluer à grande échelle la robustesse des différents systèmes (ou au contraire leur sensibilité aux conditions de mise en oeuvre). Enfin, ces unités permettent de définir des priorités d'intervention et de cibler des milieux dans lesquels des systèmes SCV ont des intérêts marqués et un fort potentiel de diffusion.

Pour une unité agronomique donnée, et par conséquent pour une gamme de systèmes donnée, il est également possible de définir des sous-unités agronomiques qui diffèrent entre elles non pas par les systèmes proposables (qui sont par définition tous semblables) mais par les itinéraires techniques à appliquer.

Exemple de sous-unités agronomiques

Dans une rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, inondable, sans possibilité de contre-saison, le principal système proposable est du riz polyaptitude. Cependant, la variété de riz et la fertilisation à recommander sont différentes s'il s'agit d'une rizière organique peu évoluée ou au contraire d'une rizière argileuse.

3. Construction et identification des unités agronomiques

La construction d'unités agronomiques homogènes nécessite l'identification des critères qui influencent les possibilités de systèmes. Il est également nécessaire de les hiérarchiser afin d'utiliser en priorité les critères les plus discriminants (qui conduisent à des différences importantes entre systèmes possibles).

2.1. Les critères discriminants les unités agronomiques

Les possibilités de culture sont avant tout liées à la fertilité des sols et au régime hydrique (inondation en saison, possibilité de contre-saison, possibilité d'irrigation, hydromorphie), en relation avec la position sur la toposéquence.

Attention !

L'unité agronomique d'une parcelle prend en compte ses caractéristiques au moment de l'intervention. Les techniques SCV visant à faire évoluer le milieu (en particulier le niveau de fertilité et la compaction du sol), une parcelle peut/doit évoluer au fil du temps. Ainsi si les systèmes de culture proposés sont bien adaptés, une parcelle sur sol de *tanety* pauvre compactée devrait rapidement (en un à deux ans) devenir une parcelle sur sol de *tanety* moyennement riche, non compacté.

D'autres caractères influencent les possibilités de systèmes de culture (en particulier en augmentant le risque pour certaines cultures), comme la compaction du sol ou sa texture (sols très sableux).



Sols moyennement riches sur tanety et rizières à mauvaise maîtrise de l'eau Lac Alaotra

Tanety : colline

La position sur la toposéquence

La position sur la toposéquence influence à la fois la fertilité et le régime hydrique. Elle est en conséquence un facteur très discriminant des possibilités de système.

Pour Madagascar, on distingue en premier lieu les *tanety* et colluvions de bas de pente des plaines, vallées et bas-fonds.

Sur les Hautes-terres et dans le Moyen-Ouest, l'aménagement des *tanety* et colluvions de bas de pente en terrasses modifie à la fois le régime hydrique et la fertilité. Il convient donc de distinguer trois grandes situations sur la toposéquence :

* ***tanety* et colluvions de bas de pente non aménagés** ;
* ***tanety* et colluvions de bas de pente aménagés en terrasses** ; et
* **plaines, vallées et bas-fonds**

La fertilité du sol

Le niveau de fertilité initial du sol détermine largement les possibilités de culture : les plantes exigeantes (riz, maïs, etc.) sont risquées et rarement rentables sur des sols pauvres, alors que les plantes peu exigeantes (manioc, pois de terre, etc.) sont peu cultivées par les paysans sur les sols les plus riches (réservés aux cultures exigeantes, plus appréciées).

Ce niveau de fertilité du sol influence également les plantes de couverture à proposer : sur des sols pauvres, on privilégie les plantes capables de remonter rapidement la fertilité (légumineuses, plantes recycleuses, etc.)

L'objectif étant de différencier simplement des possibilités agronomiques, l'origine du niveau de la fertilité n'est pas prise en compte et on ne considère que le niveau de fertilité de la parcelle au moment de l'intervention. Ainsi, un sol pauvre du fait d'une roche mère initialement pauvre est traité de la même manière qu'un sol originaire d'une roche mère riche mais qui a été dégradé et dont la fertilité est devenue faible.



Sols pauvres sur tanety et rizières à mauvaise maîtrise de l'eau dans les bas-fonds Hautes-terres

Sur le plan agronomique, on distingue donc :

* les **sols très pauvres**, souvent très sableux ou sur pente forte, sur lesquels même les cultures peu exigeantes se développent mal ;
* les **sols pauvres**, sur lesquels les paysans savent que les seules cultures possibles/intéressantes sans engrais (ou de très fortes quantités de fumier) sont les cultures les moins exigeantes : pois de terre, manioc, arachide, etc. Les cultures exigeantes comme le riz ou le maïs, cultivées sans engrais, produisent des rendements inférieurs à 500-600 kg/ha ;
* les **sols moyennement riches**, sur lesquels le riz peut être cultivé sans engrais, avec un

rendement proche de 1 000 kg/ha (800 à 1 300 kg/ha). S'ils ne sont pas trop acides, ces sols peuvent également produire environ 1 000 kg/ha de maïs (qui est beaucoup plus sensible à l'acidité que le riz) ;

* les **sols riches**, sur lesquels riz ou maïs peuvent être cultivés sans engrais, avec des rendements supérieurs à 1 500 kg/ha.

A de rares exceptions près (comme les rizières aménagées sur des sols très pauvres d'anciennes terrasses géologiques dans le Sud-Est), les sols situés en bas de toposéquence (plaines, vallées, bas-fonds) sont moyennement riches à riches. De plus, l'aménagement en terrasses des *tanety* et colluvions de bas de pentes conduit à un enrichissement ce qui fait que les sols de ces parcelles sont généralement moyennement riches.

La compaction du sol

Le niveau de compaction du sol doit être pris en compte sur les *tanety* du fait de sa forte influence sur la pénétration des racines et en conséquence sur la réserve utile en eau et l'accès aux nutriments. Sur ces sols, les plantes à système racinaire puissant, capable de pénétrer en profondeur et d'injecter du carbone dans le sol sont à privilégier (Brachiaria en particulier). Les cultures sensibles à la compaction, comme le riz, doivent être évitées d'autant plus que le climat est contraignant (saison des pluies courte et/ou irrégulière) et que le semis est tardif.

Comment évaluer le niveau de fertilité du sol

L'appréciation de la fertilité du sol peut se faire par observation des cultures et de la flore en place. Certaines plantes sont indicatrices d'une bonne fertilité (*Conyza sp., Ageratum conyzoïdes, Galingsoga parviflora*, etc) D'autres au contraire indiquent des sols pauvres, surtout si leur développement est faible (*Aristida sp.*, etc.). L'annexe I présente les caractères indicateurs de nombreuses espèces de la flore de Madagascar et peut être utilisée en ce sens.

De plus, les paysans connaissent bien le niveau de fertilité de leurs sols et adaptent les cultures en fonction de cette fertilité. Sur sol pauvre, ils ne cultivent pas (en général) de riz ou de maïs, et s'ils le font tout de même, les rendements sont très faibles (< 500 kg/ha sans engrais). Ainsi, il suffit de leur poser simplement la question : «peut on cultiver du riz ou du maïs sur cette parcelle et si oui, quel rendement peut on espérer ?»

Comment évaluer la compaction du sol

Le meilleur moyen d'évaluer le niveau de compaction d'un sol est d'y creuser un trou. La résistance du sol au creusement donne une idée des éventuels horizons de compaction. Mais attention : cette résistance est variable selon le niveau d'humidité du sol . Un sol très sec peut sembler être compacté alors que le même sol humide ne l'est pas!

L'observation des profils de racines peut aussi donner une bonne idée du niveau de compaction, et en particulier permettre d'identifier des horizons compactés, que les racines ne traversent pas. Attention là encore car la croissance des racines peut aussi être limitée par des phénomènes chimiques (acidité, nappe d'eau, etc.)

Enfin, le son émis par un objet (manche de couteau par exemple) qu'on frappe sur le sol est un très bon indicateur du niveau de compaction. Plus le sol est compacté, plus le son émis est aigu. A l'inverse, plus le son est grave, moins le sol est compacté.



Rizières à mauvaise maîtrise de l'eau, sols pauvres sur tanety et zones de fragilité. Lac Alaotra

Le régime hydrique en saison et les possibilités de contre-saison

Le régime hydrique est un critère fortement discriminant des possibilités de systèmes de culture. Trois critères sont à prendre en compte :

* **Les risques d'inondation en saison.** Une inondation prolongée (plus de 4 à 5 jours consécutifs) des parcelles sans possibilité de drainage rapide fait que la seule culture possible en saison est le riz (seule culture capable de supporter une inondation prolongée). En revanche, si le risque d'une telle inondation est faible, pratiquement toutes les cultures sont techniquement possibles et le choix des systèmes proposables est très large. On distingue ainsi dans un premier temps :

. les ***parcelles inondables***, sans possibilité de drainage

. les ***parcelles exondées***

. les ***parcelles dans les plaines et bas-fonds drainés***.

* **l'accès à l'irrigation en saison** permet de sécuriser des cultures risquées comme le riz et influence en conséquence les recommandations en matière de systèmes de culture. De manière générale, dans des parcelles bien irriguées, la culture de saison privilégiée par les paysans est le riz.

On distingue trois types de parcelles en fonction du niveau de maîtrise de l'eau (en saison) :

. les parcelles ***non irriguées*** ;

. ***les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau*** (RMME), pour lesquelles un apport d'eau est possible à certaines périodes, mais pas durant toute la saison (arrivée tardive de l'eau en début de saison ou au contraire départ précoce en fin de saison) ;

. ***les rizières irriguées*** dans lesquelles on a la possibilité d'apporter de l'eau en saison, quand on le souhaite(mais dont on ne maîtrise pas forcément le drainage).

* **Les possibilités de conduire une contre-saison**. Dans les climats chauds et humides toute l'année, plusieurs cycles de cultures sont possibles, y compris sur les *tanety*. En revanche, dans les milieux avec saison sèche, les possibilités de contre-saison sont d'autant plus limitées que la saison des pluies est courte. De même, dans les milieux sub-tempérés ou tempérés les possibilités de culture sont également limitées par la saison froide. Par «possibilité de conduire une contre-saison» on entend la possibilité d'installer une plante (pas nécessairement une culture) après la récolte de la culture ou en dérobé dans la culture et qui va se développer durant une grande partie de la saison sèche et/ou froide. En saison sèche, cette possibilité repose essentiellement sur l'accès des racines

«Possibilité de contre-saison»

La frontière entre milieux qui permettent une contre-saison et ceux qui ne la permettent pas peut parfois sembler «floue». Certains milieux vont offrir la possibilité de cultiver un grand choix de plantes en contre-saison, y compris des cultures. A l'inverse, certains milieux (sur *tanety* en particulier) ne permettent tout simplement pas d'installer une plante qui se développerait en contre-saison, même installée en dérobé dans la culture. Entre ces deux situations extrêmes, il existe de nombreuses situations intermédiaires, qui vont permettre l'installation d'un nombre limité de plantes en contre-saison. Il faut alors utiliser des plantes au système racinaire puissant et se développant rapidement, capables de «s'ancrer» dans la nappe phréatique et de suivre sa descente. Il faut souvent aussi les installer en dérobé dans la culture principale pour qu'elles aient le temps de s'implanter suffisamment avant la fin de la saison des pluies. Pour l'identification de l'unité agronomique d'une parcelle donnée, on classe comme parcelle permettant une contre-saison toute parcelle pour laquelle au moins une espèce peut être installée, même en dérobé, et se développer pour produire une biomasse significative en contre-saison.

des plantes à la nappe phréatique et donc de sa profondeur, de sa vitesse de descente en saison sèche et des éventuelles ruptures de capillarité. Sur *tanety*, la contre-saison est rarement possible dans les climats à saison sèche marquée. En saison froide, la température limite les espèces capables de se développer et leur production de biomasse.

Ces possibilités de conduire une contre-saison déterminent largement les systèmes de culture. En cas d'impossibilité de conduire une contre-saison, la production de biomasse et la diversité des cultures doivent être assurées durant la saison des pluies, par des associations et des successions inter-annuelles. En revanche, la possibilité d'installer une plante en contre-saison permet d'augmenter la production annuelle totale de biomasse et de conduire des successions intra-annuelles.



Bas-fonds drainés et sols hydromorphes sur tanety Sud-Est

L'hydromorphie

En climat humide et/ou dans des situations topographiques particulières (cuvettes où l'eau s'accumule), le caractère hydromorphe des sols doit impérativement être pris en compte. Sur des sols hydromorphes, la seule culture qui peut être recommandée en saison est le riz, ce qui limite fortement le choix des systèmes de culture.

Généralisation du concept des unités agronomiques

A Madagascar, ces caractères permettent de discriminer correctement la grande majorité des unités agronomiques pour le choix des systèmes SCV. Trois autres caractères peuvent cependant être à prendre en compte pour couvrir plus largement l'ensemble des situations, au delà des conditions de Madagascar :

* le niveau d'acidité du sol, qui est un caractère très important influençant fortement les possibilités de culture et les performances des différentes espèces de plantes cultivées et de plantes de couverture utilisées en SCV

* la salinité éventuelle si on se trouve en bord de mer (deltas, lagunes)

* les possibilités d'irrigation en contre-saison

Toutefois, ces trois caractéristiques importantes ne sont pas discriminantes à Madagascar où la très grande majorité des sols sont acides (les sols basiques y sont exceptionnels), où les milieux où sont proposés les systèmes SCV ne sont pas influencés par la salinité et où l'accès à l'irrigation en contre-saison est exceptionnel.

2.2. La détermination des unités agronomiques

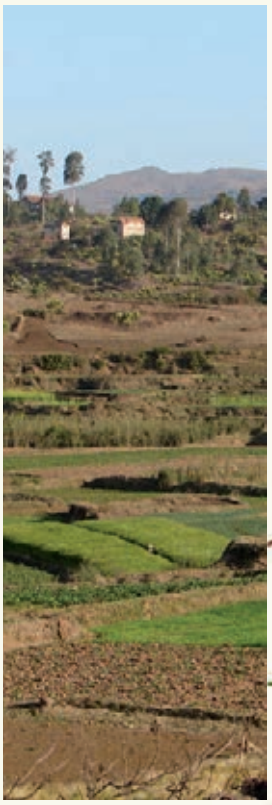
La détermination de l'unité agronomique pour une parcelle donnée est extrêmement simple. Il suffit d'identifier dans un premier temps sa **position sur la toposéquence**.

Sur les ***tanety* et colluvions de bas de pente** non aménagés en terrasse, il suffit alors d'estimer le niveau de **fertilité** de la parcelle, puis de vérifier la **compaction**. Dans les zones très humides, on s'attache en plus à vérifier l'hydromorphie éventuelle.

Sur les **terrasses aménagées et dans les plaines, vallées et bas-fonds**, il suffit de déterminer en premier lieu les **risques d'inondation**, puis les **possibilités d'irrigation** et enfin les **possibilités de conduire une contre-saison**.

Il suffit donc de se poser trois ou quatre questions très simples pour déterminer l'unité agronomique, suivant le schéma suivant:

Les unités agronomiques



Position sur la toposéquence

Tanety et bas de pente

Tanety et bas de pente aménagés en terrasse
(Hautes-terres et Moyen-Ouest)

Plaines, vallées et bas-fonds



Parcelles exondées
Non irriguées
Contre-saison
dépendant des précipitations

Fertilité

- Sol très pauvre
- Sol pauvre
- Sol moyennement riche
- Sol riche

Inondation

Parcelles exondées
Sols riches ou moyennement riches

Irrigation

- Non irriguée
- Mauvaise maîtrise
- Irriguée

Sols riches ou moyennement riches

Parcelles exondées

- Non irriguée
- Mauvaise maîtrise
- Irriguée

Parcelles inondables

- Non irriguée
- Mauvaise maîtrise
- Irriguée

Parcelles drainées

- Mauvaise maîtrise

Inondation par le lac

Sols riches ou moyennement riches

Sol pauvre — **Exondé**
(Ancienne terrasse géologique)

Les unités agronomiques

Zone d'inflexion, forte pente → Zone de fragilité *(Moyen-Ouest et lac Alaotra)*

Sol sableux (*Cordons littoraux*) → Sol sableux très pauvre non compacté *(Sud-Est et Sud -Ouest)*

Sol hydromorphe → Sol pauvre de *tanety* hydromorphe *(Sud-Est)*

Sol compacté → Sol pauvre de *tanety* compacté *(Toutes zones)*

Compaction

Sol compacté → Sol moyennement riche de *tanety* compacté *(Toutes zones)*

Sol non compacté → Sol moyennement riche de *tanety* non compacté *(Toutes zones)*

Sol compacté → Sol riche de *tanety* compacté *(Hautes-terres)*

Sol non compacté → Sol riche de *tanety* non compacté *(Hautes-terres)*

Contre-saison

Contre-saison impossible → Pseudo-rizière non irriguée sur terrasse sans possibilité de contre-saison

Contre-saison possible → Pseudo-rizière non irriguée sur terrasse avec possibilité de contre-saison

→ Cf. Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, exondée, dans plaine ou vallée

→ Cf. Rizière irriguée, exondée, dans plaine ou vallée

Contre-saison impossible → Sol exondé dans la plaine, *baiboho* et bourrelet de berge, sans possibilité de contre-saison *(lac Alaotra, Moyen-Ouest, Sud-Est)*

Contre-saison possible → Sol exondé dans la plaine, *baiboho* et bourrelet de berge, avec possibilité de contre-saison *(lac Alaotra, Moyen-Ouest, Sud-Est)*

Contre-saison impossible → Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, exondée, sans possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison possible → Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, exondée, avec possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison impossible → Rizière irriguée exondée sans possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison possible → Rizière irriguée exondée avec possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison impossible → Pseudo-rizière non irriguée, inondable, sans possibilité de contre-saison

Contre-saison possible → Pseudo-rizière non irriguée, inondable, avec possibilité de contre-saison

Contre-saison impossible → Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, inondable, sans possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison possible → Rizière à mauvaise maîtrise de l'eau, inondable, avec possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison impossible → Rizière irriguée inondable sans possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Contre-saison possible → Rizière irriguée inondable avec possibilité de contre-saison *(Toutes zones)*

Sol très organique → Rizière très organique à tourbeuse dans plaines et bas-fonds drainés *(Sud-Est, lac Alaotra)*

Sol hydromorphe argileux → Rizière hydromorphe argileuse dans plaines et bas-fonds drainés *(Sud-Est, lac Alaotra)*

→ Rizière en bordure du lac, inondée en fin de saison des pluies *(Lac Alaotra)*

→ Terrasse ancienne pauvre *(Sud-Est)*

4. Les grands types de systèmes SCV par unité agronomique

A partir de ces unités agronomiques qui reflètent les contraintes et les possibilités d'associations et de successions de plantes, il est possible d'extraire des principes simples pour le prototypage de systèmes SCV.

Sur les *tanety*, la grande diversité des espèces cultivables offre des possibilités importantes de systèmes SCV. Certains systèmes présentent de nombreux intérêts et permettent la restauration et le maintien de la fertilité de ces sols. Les sols riches et moyennement riches permettent d'installer rapidement des systèmes SCV performants. A l'inverse, la phase de transition vers les systèmes SCV est plus lente et plus difficile sur les sols dégradés. On cherchera avant tout à décompacter les sols compactés et à restaurer la fertilité des sols pauvres, ce qui peut être considéré comme un investissement des premières années.

Seuls les **climats sans saison sèche marquée** permettent de conduire des successions de cultures. Le fonctionnement des systèmes SCV sous ces climats exige une très forte production de biomasse annuelle à rechercher en priorité par ***associations et successions***.



Sols riches sur tanety. Hautes-terres

Les **climats à saison sèche marquée** ne permettent pas une telle production de biomasse, mais la minéralisation y étant plus lente, une moindre biomasse leur permet de fonctionner correctement (cf volume I). Dans ces conditions, on cherchera des ***associations*** de cultures et plantes de couverture autant que possible, pour produire une très forte biomasse au moins un an sur deux.

Les sols exondés dans la plaine, les *baiboho* et les bourrelets de berges qui permettent tous types de cultures offrent de très nombreuses possibilités de systèmes SCV avec **associations et successions** de cultures dans la plupart des situations, les systèmes racinaires des plantes de couverture pouvant très souvent accéder à la nappe phréatique dans ces milieux. Comme sur les sols de *tanety* moyennement riches ou riches, les systèmes SCV y sont très performants, et faciles à mettre en œuvre rapidement.

Sur les terrasses, dans les plaines, vallées et bas-fonds, dans des parcelles **exondées** sur lesquelles une **contre-saison est possible**, divers systèmes SCV sont possibles, avec **associations et successions sur couvertures mortes,** mais aussi **cultures sur couvertures vives.**. En l'absence d'irrigation, du riz ou du maïs associé à une légumineuse (mais d'autres cultures y sont possibles) peuvent être proposés en saison, suivis d'une plante de couverture (souvent une légumineuse) en contre-saison. Dans les rizières non irriguées ou à mauvaise maîtrise de l'eau sur lesquelles les paysans tiennent à cultiver du riz en priorité, les systèmes SCV proposent de ne pas conduire le riz selon des principes de culture irriguée, mais au contraire de l'installer en conditions pluviales. La culture du **riz** en semis direct sur la couverture végétale produite par la plante de couverture en **succession** en contre-saison permet un semis précoce et limite ainsi le risque de stress hydrique. Dans les rizières irriguées en revanche, les paysans préfèrent généralement une conduite du riz selon des pratiques de riziculture irriguée. Les pratiques de SRI (Système de Riziculture Intensif) ou SRA (Système de Riziculture Améliorée) peuvent y être préconisées, en rotation avec des plantes de couverture alors utilisées en engrais verts.

Sur les terrasses, dans les plaines, vallées et bas-fonds, dans les parcelles **inondables**, seule la culture de riz est possible en saison ce qui limite fortement les possibilités de SCV. Dans les parcelles où la **contre-saison est possible**, les **successions riz/légumineuses** sont très intéressantes, surtout conduites en semis direct dans les parcelles non irriguées ou à mauvaise maîtrise de l'eau. Dans les parcelles où la **contre-saison** n'est **pas possible**, les systèmes SCV proprement dits ne peuvent être mis en oeuvre. On peut seulement proposer une installation du riz en conditions pluviales, avec utilisation de **variétés poly-aptitudes** et d'herbicides.

Edition : GSDM/CIRAD Photos et mise en page : Olivier HUSSON Contact : Olivier.husson@cirad.fr Site Web : http://agroecologie.cirad.fr



Annexe 4

Le Semis direct sur Couverture Végétale permanente Comment ça marche?

Olivier Husson, Rakotondramanana,

Raymond Bouther, Lucien Séguy

Janvier 2008

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

CODEV

afd
AGENCE FRANÇAISE

FFEM

mae p
Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche

SCV: Comment ça marche?



Collection EDITECH

Voly rakotra

Le Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (SCV) Comment ça marche?



Ministère de l'Agriculture,
de l'Elevage et de la Pêche

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

Groupement Semis Direct de Madagascar

Auteurs: Olivier Husson
Raymond Bouther
Rakotondramanana
Lucien Séguy

Dessins: Ramafa

Mise en page: Ramafa et Olivier Husson

Photos: Olivier Husson

Directeur de collection et de publication: Raymond Bouther

Le programme EDITECH est financé par le Ministère Français des Affaires Etrangères avec le concours d'"Electriciens Sans Frontières".

CODEV à Madagascar:
Lot VH 15 A Ambatovinaky
Antananarivo
Site web: www.codev-mg.org

CIRAD à Madagascar
BP 853 Ampandrianomby
Antananarivo
www.cirad.mg

Le projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar est financé par le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche Malgache (MAEP), l'Agence Française de Développement (AFD), Le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) et le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD).

Copyright: CODEV, GSDM. Janvier 2008 pour la version française.
Reproduction autorisée sous réserve de la mention des titulaires des droits.

Avertissement

Le présent document est une traduction adaptée et enrichie du document en malgache destiné aux agriculteurs. Il constitue une aide pour les vulgarisateurs de terrain en apportant des réponses aux questions que les agriculteurs peuvent se poser sur le Semis direct sur Couverture Végétale permanente (SCV).

Ce n'est pas un document méthodologique ni des fiches techniques, mais plus modestement un document de sensibilisation aux techniques SCV .

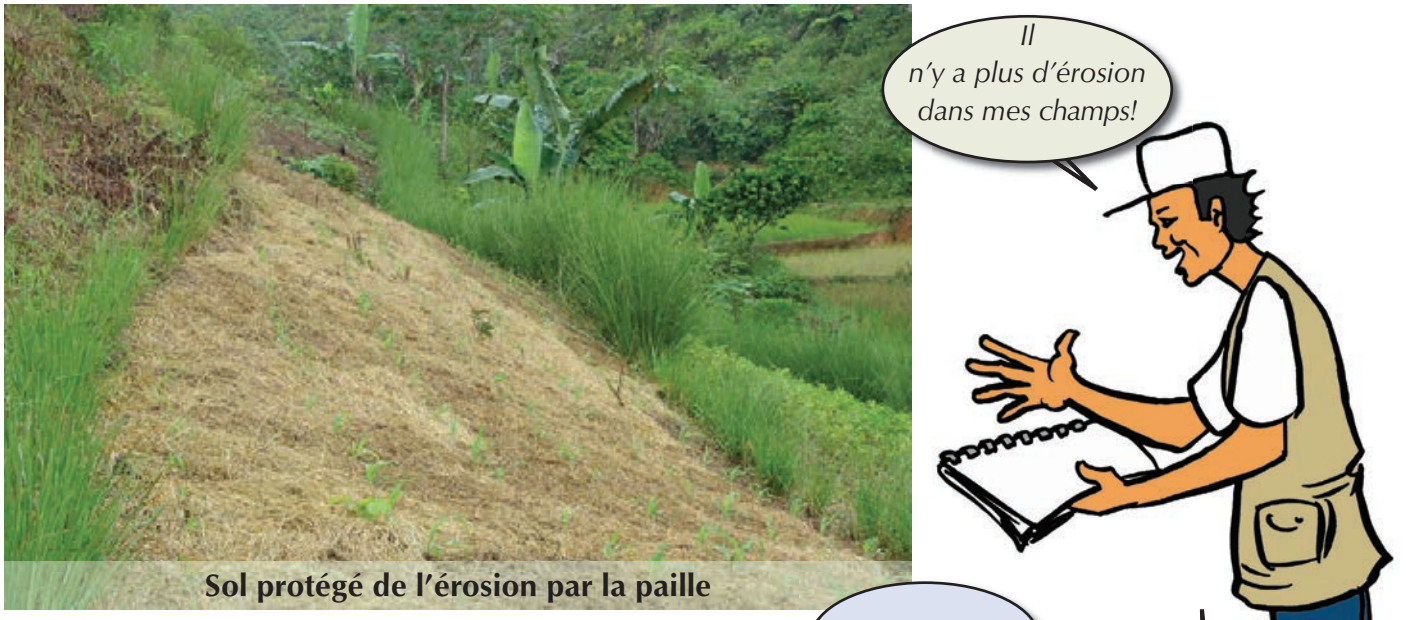
Ces techniques largement diffusées en Amérique du Sud (au Brésil en particulier) ont été développées et adaptées aux conditions de l'agriculture Malgache par TAny sy FAmpandroasana (TAFA) et le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD, en particulier avec l'aide de Lucien Séguy) dans des écologies variées de la Grande Île: Hauts plateaux en altitude avec une saison froide; Lac Alaotra et Moyen-Ouest à moyenne altitude, avec une saison sèche marquée; Sud-Est chaud et humide toute l'année; Sud-Ouest semi-aride; etc.
Elle sont en cours de diffusion à large échelle par divers opérateurs du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM).

Les photographies de la page de gauche illustrent les possibilités des techniques SCV. Le personnage représentant l'agriculteur, cultivateur traditionnel, pointe les difficultés de tout ordre qui pourraient l'empêcher d'adopter les SCV.
Le technicien répond aux questionnements de l'agriculteur et, sur la page de droite, explique plus longuement comment et pourquoi il est préférable d'adopter ces techniques.

Il est donc conseillé de lire chacune des trois sections, de la photographie de la page de gauche vers le texte correspondant de la page de droite.

Un lexique en fin de document explique les mots les plus compliqués et les termes techniques (qui sont colorés en bleu dans le texte).


Je ne laboure plus mes champs et mes cultures sont plus belles!
Mais ce n'est pas possible de cultiver sans labourer ! Le sol va devenir dur et les cultures ne pousseront pas!


Il n'y a plus d'érosion dans mes champs!
Sol protégé de l'érosion par la paille


Pas possible !
Et tout pousse bien mieux que chez toi! Les vers de terre et les petites bêtes amélio-rent la terre!
Semis direct après écobuage
Labour
Mais comment il fait ???

On peut avantageusement remplacer le labour en incluant dans les rotations ou en associant aux cultures des "plantes de couverture"comme *Brachiaria*, *Eleusine, Cajanus* ou *Stylosanthes* qui ont des racines capables de descendre et de restructurer le sol en profondeur (beaucoup plus profond qu'un labour à l'*angady* ou avec une charrue), même dans des sols très compactés.
Les racines mettent aussi de la matière organique dans le sol, ce qui permet d'améliorer la terre et favorise l'activité biologique.

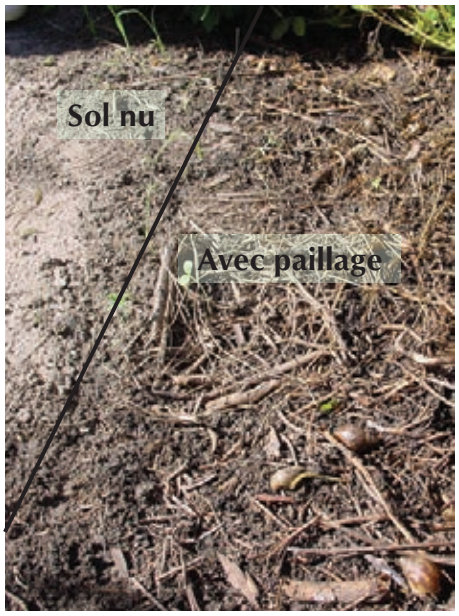

Maïs + *Desmodium*


Eleusine coracana

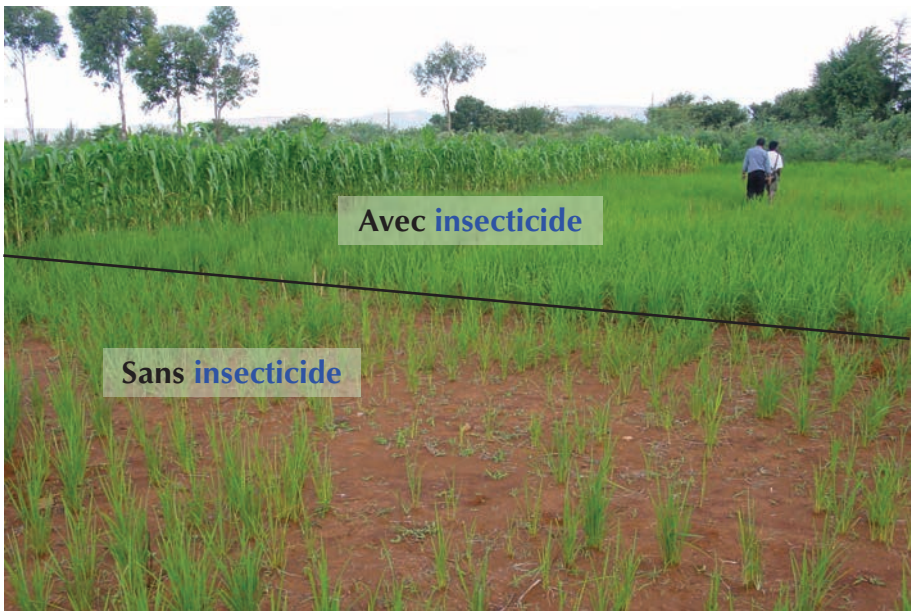

Bonne structure de sol conservée sous dolique

La paille qui couvre le sol en permanence et les racines des plantes arrêtent complètement l'érosion. La terre de surface, riche en matière organique mais très sensible à l'érosion est ainsi protégée. Elle n'est plus perdue, même en cas de pluies très fortes. Sa structure s'améliore rapidement et le sol s'enrichit progressivement grâce à la matière organique apportée par les pailles et les racines.

Sous la paille, l'eau s'infiltre mieux, s'évapore moins et est gardée en réserve. Le sol reste plus humide et plus frais que sans couverture, ce qui permet à toute une série de petits animaux (la faune et la microflore du sol : vers de terre, insectes, escargots, bactéries, etc.) de se développer.
Leur activité améliore encore la terre qui a une meilleure structure et le sol s'enrichit en matière organique.




Vers de terre







Riz paillé avec du *bozaka*





Haricot sur paille d'avoine





On peut utiliser les premières années des insecticides ou des fongicides pour contrôler les insectes et les champignons qui pourraient faire des dégâts sur les cultures

Après quelques années, un équilibre écologique s'installe: il y a moins d'insectes nuisibles et des petits animaux utiles se développent (certains mangent même les insectes). Certaines plantes arrivent même à réduire le nombre des insectes nuisibles en produisant des "insecticides naturels".



Un paillage épais (quelques centimètres) et qui couvre bien tout le sol empêche les mauvaises herbes de pousser.
Si on arrive a garder assez de paille tout le temps, les mauvaises herbes ne poussent plus, ne peuvent plus faire de graines et il y en a de moins en moins chaque année.
On arrive ainsi à se débarrasser très rapidement du *Striga* par exemple.

Beaucoup moins de désherbage à faire, si on a laissé assez de paille dans le champ !



Certaine plantes produisent des "herbicides naturels" qui empêchent les mauvaises herbes de pousser et, si on les choisit bien, cela ne gène pas les cultures.

Les meilleures plantes pour éliminer les mauvaises herbes sont l'avoine, la vesce velue, le *Stylosanthes,* le sarrasin et le sorgho qui peuvent toutes être contrôlées sans herbicide.
Il y a aussi les *Brachiaria* et l'*Arachis pintoï* mais il faudra de l'herbicide pour les contrôler avant de remettre en culture.



Semis en poquets dans la paille





Haricot sur paille d'avoine











Pour semer, il faut déplacer la paille le moins possible. Il suffit d'ouvrir un petit trou pour mettre les graines dans le sol (pas trop profond, surtout pour les petites graines).
Il faut faire attention à ne pas remonter de la terre au dessus de la paille (sinon, cela va permettre aux graines de mauvaises herbes qui s'y trouve de germer).
Les semoirs mécanisés coupent la paille et ouvrent juste un petit sillon dans le sol.

Semis au poquet à la main:
- Maïs: 10-15 homme.jours/ha,
- Riz pluvial: 30-35 homme.jours/ha ,
- Soja: 25-30 homme.jours/ha

Préparation du sol:
- Labour à l'angady: 40-50 homme.jours/ha en rizières
- Simple décapage à l'angady sur tanety: 12-15 homme.jours/ha
- Herbicidage pour semis direct sans labour: 2 homme.jours/ha.

Le semis direct bien maîtrisé permet de gagner du temps, en particulier aux moments des travaux importants comme la préparation du sol et le désherbage. Il permet ainsi de semer plus tôt, ce qui est meilleur pour les cultures, surtout quand la saison des pluies est courte. Mais attention, si on n'a pas assez de paille sur la parcelle, le travail pour le désherbage peut devenir très important.



Il existe des outils pour faire le semis plus vite, adaptés aux moyens de chacun et qui peuvent être utilisés même avec des couches de paille très épaisses:
- Canne planteuse (Photo 1) et roue semeuse (Photo 2) pour semis manuel,
- Semoirs en traction attelée ou motoculteurs (Photo 3) ,
- Semoirs pour tracteurs (Photo 4).



Fauche du *Bozaka*



Haricot paillé de *Bozaka*



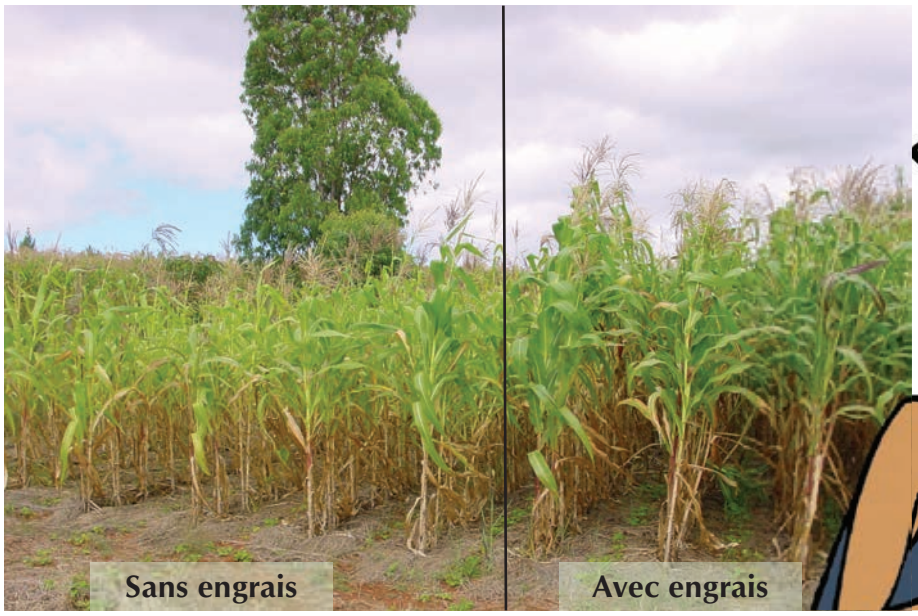


Stylosanthes guianensis



Brachiaria ruziziensis





Sans engrais

Avec engrais



Couper et apporter du *bozaka* pour pailler le champ marche très bien avec certaines plantes comme le pois de terre et l'arachide qui ont un rendement deux fois plus élevé quand il y a un paillage. Mais il faut pour cela en trouver assez et pas trop loin car le temps de travail pour tout couper et le transporter peut être très important.
Il ne faut pas non plus en avoir besoin pour nourrir ses animaux.

Ce qui est dommage aussi avec cette méthode c'est qu'on améliore le sol lentement car il n'y a pas de plantes avec des racines puissantes qui peuvent "labourer" le sol et faire beaucoup de paille et de racines pour apporter de la matière organique au sol.

Pour bien démarrer le semis direct, il est très important d'arriver à obtenir beaucoup de paille, le plus rapidement possible.

Il vaut mieux augmenter la production de biomasse directement dans les parcelles, pour pouvoir nourrir les animaux si nécessaire (les plantes de couverture sont très souvent de très bons fourrages) mais en faisant attention d'en laisser assez sur le sol.

L'avantage, c'est aussi qu'avec des plantes qui ont des racines puissantes et qui descendent profond, on améliore très vite le sol. Certaines apportent aussi beaucoup d'azote au sol comme le *Stylosanthes*.

S'il y a assez de place, on peut même commencer par produire beaucoup de paille/fourrage pendant un an ou deux, puis cultiver ensuite.
Cela permet en particulier de mettre en culture des sols qui sont très compactés, ou très pauvres, et qu'on ne peut pas cultiver normalement.



S'il n'y a pas beaucoup de terres et qu'on doit absolument cultiver chaque année, on peut essayer d'augmenter la production de la culture principale et laisser toute la paille en place pour l'année suivante.
Pour cela, il faut faire des cultures qui produisent beaucoup de paille (comme le maïs ou le sorgho par exemple) et apporter de l'engrais, surtout sur les sols pauvres.
Tu peux aussi rajouter une plante de couverture pour produire encoreplus de paille



Riz pluvial + *Stylosanthes guianensis*





Maïs + *Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan*





Cynodon dactylon



Arachis pintoï





- Utilisés dans de bonnes conditions (en particulier en semant suffisamment tôt pour éviter les risques de sécheresse, en contrôlant les insectes et en adaptant la dose et le type d'engrais aux sols et aux cultures), les engrais peuvent être très rentables. On peut aussi apporter du fumier ou du compost.
- Si on n'a pas les moyens d'en acheter, une très bonne solution pour augmenter la production de paille sans apporter d'engrais est d'associer la culture avec des plantes qui sont capables de pousser sur des sols pauvres et de produire beaucoup de biomasse pour faire le paillage l'année suivante. Si en plus on utilise des légumineuses, elles vont fixer gratuitement l'azote de l'air, qui pourra servir aux plantes qui pousseront après.

- Pour éviter la compétition entre la culture principale et les plantes de couverture, on peut par exemple:
  - Utiliser des plantes qui poussent plus lentement que la culture et qui vont se développer après la récolte de la culture principale.
  - Semer plus tard ou plus profond la plante de couverture, pour laisser à la culture le temps de la dominer.
  - Espacer les lignes de culture ou faire des cultures en intercalant des doubles rangs resserrés de la culture principale et des rangs larges pour la plante associée.
  - Favoriser la culture en lui donnant un peu d'engrais localisé au pied, avec du fumier, mais sans en mettre sur la plante de couverture.
  - Faucher régulièrement la plante de couverture quand elle devient trop grande (la paille obtenue peut être laissée sur place ou servir de nourriture pour le bétail).



- Les plantes avec des racines puissantes descendent plus profond que les cultures. Elles pompent les éléments nutritifs pour pousser, même sur des sols très pauvres (c'est pour cela qu'on les appelle des "pompes biologiques"). Quand on les tue pour en faire un paillage, elles rendent ce qu'elles ont puisé dans le sol en profondeur et cette nourriture se retrouve à la surface, où les cultures peuvent facilement la prendre. C'est comme agrandir son garde-manger!



Maïs + Niébé





Avoine / Haricot





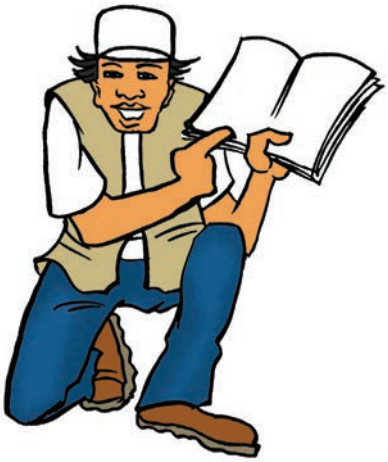


Dolique et Vesce velue





La paille sur le sol réduit l'évaporation. Elle ralenti aussi l'écoulement de l'eau qui a plus de temps pour s'infiltrer. Grâce aux trous faits par les racines et les différents animaux, à la bonne structure du sol, l'eau peut être stockée en réserve et reste accessible pour les plantes. Grâce à leurs racines qui descendent plus profond que sur un sol labouré, elles peuvent aller chercher l'eau même très en profondeur (jusqu'à plus de 2,5 m. pour le sorgho par exemple). Les techniques de semis direct permettent donc d'augmenter fortement la réserve d'eau disponible pour les plantes. Il peut ainsi y en avoir suffisamment pour la culture et la plante de couverture qui ne souffrent pas de sécheresse, même après 2 ou 3 semaines sans pluies. Seules les zones très sèches, avec très peu de pluie et une très longue saison sans pluie peuvent poser des problèmes.



Quand on ne souhaite pas cultiver les plantes en association, il est possible dans certains conditions de cultiver une plante de couverture quand les champs ne sont pas utilisés pour la culture:

- Si la saison des pluies est assez longue, on peut mettre juste au début des pluies une plante de couverture (comme le Sorgho BF 80 ou le mil, qui peuvent être associés à des crotalaires), quand les pluies sont trop incertaines pour assurer une culture, mais suffisantes pour une plante de couverture. Quand elle a un peu poussé, il suffit de la contrôler (en général avec un herbicide) pour semer directement la culture, au meilleur moment quand il y a beaucoup de pluie.



- Si la saison des pluies est assez courte, on peut aussi utiliser des plantes qui vont aller chercher l'eau très profond (comme la dolique ou le sorgho), et donc les cultiver après la culture, à la fin de la saison des pluies et pendant la saison sèche. On peut pour cela la semer avant la récolte de la culture principale pour lui permettre de bien s'enraciner avant la fin des pluies, mais sans gèner la culture.
- Sur les Hauts plateaux où il fait froid, on peut aussi utiliser des plantes qui résistent au froid (comme l'avoine, la vesce velue ou le lupin) et les cultiver en hiver.

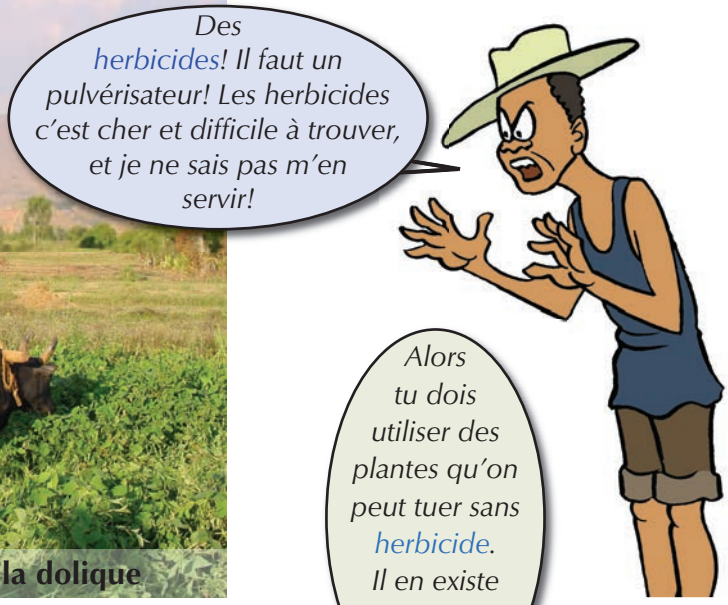


Passage d'un herbicide





Passage d'un rouleau à cornière pour tuer la dolique



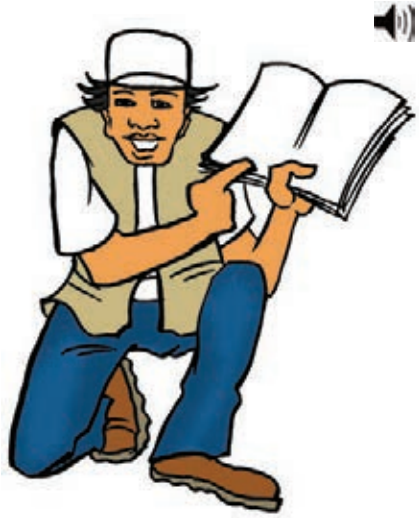






En fonction des plantes encore vivantes au moment où l'on souhaite commencer la culture, et de la quantité de végétation qui reste sur place, on pourra décider d'utiliser ou non des herbicides pour préparer la parcelle:

- Si on utilise seulement les résidus des cultures précédentes, il est parfois nécessaire de mettre un herbicide pour tuer les mauvaises herbes qui ont repoussé ou en empêcher de nouvelles de pousser pendant la période de culture, surtout s'il ne reste pas beaucoup de végétation.
- On utilise aussi souvent un herbicide (comme le glyphosate) pour tuer ou pour freiner la croissance des plantes de couverture comme le *Brachiaria* ou l'*Arachis pintoï*.



Il existe aussi des plantes de couverture que l'on peut contrôler sans herbicide:

- Toutes les plantes annuelles comme l'avoine, le radis fourrager, la vesce, le niébé, la dolique, le *Vigna umbellata*, le sorgho, le mil, etc. peuvent être contrôlées juste en les fauchant (ou en passant dessus un rouleau à cornières ou un motoculteur avec des roues cages) après la floraison car elle ne repousseront plus.
- Certaines plantes vivaces, comme le *Stylosanthes* par exemple peuvent aussi être contrôlées sans herbicide, en les fauchant au ras du sol.



Certaines cultures, avec des bonnes techniques peu coûteuses peuvent permettre de gagner facilement de l'argent que l'on pourra investir l'année suivante pour pouvoir utiliser des herbicides (et des engrais). Par exemple:

- La culture du pois de terre qui bénéficiera beaucoup d'un simple apport de paille (rendement doublé, temps de récolte réduit).
- La pomme de terre avec écobuage et paillage, en y apportant du fumier.





Maïs sur couverture vive d'*Arachis pintoï*





Haie vive



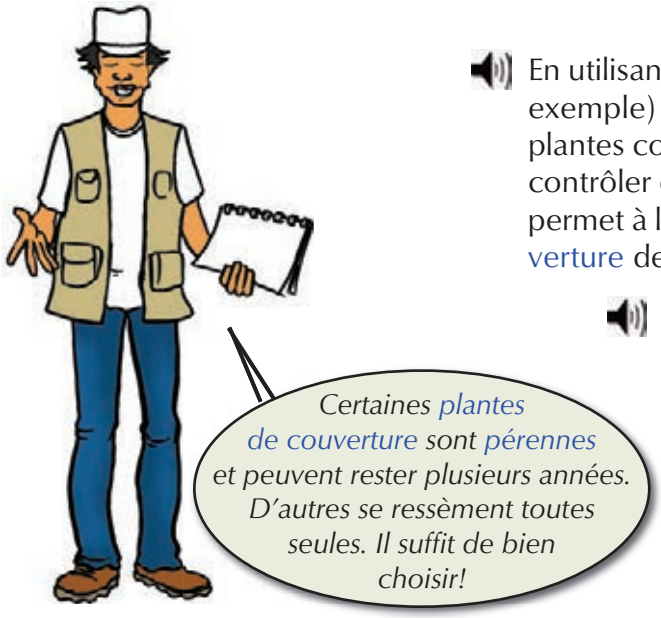
Maïs + Crotalaire





Pâturage après la récolte du riz





En utilisant un herbicide à faible dose (pour l'*Arachis pintoï* par exemple) ou en la fauchant régulièrement (pour certaines plantes comme le *Desmodium* ou le Kikuyu), il est possible de contrôler des plantes de couverture vivaces sans les tuer. Cela permet à la culture principale de pousser, et à la plante de couverture de redémarrer toute seule sans avoir à la ressemer.

Il existe aussi des plantes qui se ressèment toutes seules. Si elles poussent doucement au début, comme le *Stylosanthes*, elles ne gêneront pas la culture. Il suffit donc de laisser ces plantes faire des graines. Au contraire, il ne faut pas laisser grainer les plantes qui font des graines qui peuvent gêner la culture en repoussant trop vite (comme le *Brachiaria*).

Afin d'éviter que les animaux ne mangent toute la paille, il est possible de protéger les parcelles par des haies vives, d'arbres ou d'arbustes, si possible épineux qui vont empêcher les animaux d'entrer.

On peut aussi, au niveau des villages, faire des "dina" qui interdisent l'accès des animaux aux parcelles où l'on veut garder la paille pour cultiver en semis direct, comme cela se fait déjà dans certains villages des Hauts plateaux et au Lac Alaotra.

Si cela n'est pas possible, on peut aussi utiliser des plantes de couverture comme la Crotalaire qui ne sont pas mangées par les animaux. Ainsi, pas de risque de voir toute la paille disparaître!



Même si il n'y a pas de paille laissée par terre, le sol est quand même amélioré par les racines des plantes. Mais cette amélioration est moins rapide que si on laisse la paille qui va protéger le sol, faire comme du compost et aider la faune et la microflore du sol à se développer.

L'amélioration du sol va aussi profiter aux mauvaises herbes car il n'y a plus de paille pour les empêcher de pousser. Il faut alors utiliser un herbicide pour éviter que les mauvaises herbes n'envahissent les champs. Sans herbicide, et avec seulement un peu de paille, le travail de désherbage peut devenir très important, surtout si on doit les arracher sans travailler le sol.



***Brachiaria ruziziensis* après récolte du manioc**





Pâturage de *Brachiaria humidicola*





Haie de Bana grass sur sol pauvre



Comme presque toutes les plantes utilisées pour les couvertures sont de très bons fourrages, et que grâce à elles, on produit beaucoup plus de paille, y compris pendant la saison sèche ou la saison froide, on peut en utiliser une partie pour nourrir les animaux. Ce qui est important est d'en laisser assez sur le sol pour contrôler les mauvaises herbes et bien protéger le sol.



Sur les sols pauvres en particulier, on peut installer des fourrages/plantes de couverture pérennes qui vont améliorer le sol. On peut les laisser quelques années (un à cinq ans, voire plus si le pâturage est bien entretenu) avant de remettre les sols en culture quand on en a besoin.

Certaines grandes herbes (Bana grass, Elephant grass, etc) ou des arbustes (*Leucaena*, *Gliricidia*, etc.) peuvent aussi être installés autour des parcelles. Ils protègent aussi de l'érosion et permettent de produire un fourrage de très bonne qualité. Il faut juste éviter de les laisser pousser trop haut pour qu'elles ne fassent pas d'ombre aux cultures.

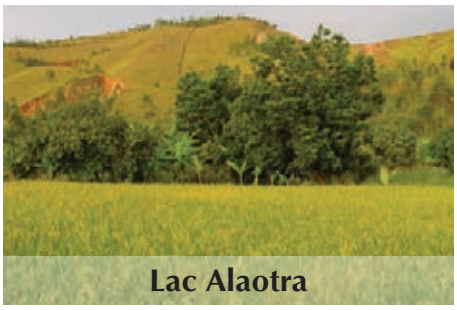


Rotations de cultures en SCV





Hauts plateaux



Lac Alaotra



Sud-Ouest



Sud-Est





Cultures en semis direct sur sol ferrallitique dégradé





Les rotations de culture sont très importantes. Dans un champs, il ne faut pas mettre toujours la même culture. Il faut alterner ou associer des céréales et des légumineuses. Les céréales apportent beaucoup de paille et aident à contrôler les mauvaises herbes. Les légumineuses apportent un peu moins de paille, mais elles enrichissent le sol en fixant de l'azote.

Il faut aussi mettre régulièrement une plante avec des racines très fortes (surtout des graminées comme les *Brachiaria*) pour faire comme un "labour biologique".

Les rotations permettent aussi de réduire les maladies et les insectes en empêchant qu'ils se multiplient dans la paille.

Sur les hauts plateaux, il faut choisir des plantes qui peuvent pousser en saison froide, et les installer en en même temps que la culture ou en fin de saison chaude quand il pleut encore. On peut choisir par exemple l'avoine comme graminée ou la vesce velue comme légumineuse. On peut aussi les mélanger, et même y ajouter du radis fourrager.

A moyenne altitude (Lac Alaotra, moyen Ouest) où la saison sèche est longue, il faut des plantes bien adaptées qui peuvent pousser en allant chercher l'eau en profondeur, comme la dolique ou le *Stylosanthes* (légumineuses) ou encore les *Brachiaria* (graminées).
Là encore, il faut leur laisser le temps de s'installer avant que les pluies ne s'arrêtent.

Dans le Sud-Ouest, où il fait très sec et où la saison des pluies est courte, il faut aussi des plantes qui peuvent pousser même quand il fait très sec, mais il faut souvent les installer en même temps que la culture, sinon elles n'ont pas le temps de mettre leurs racines et d'aller chercher l'eau en profondeur. Là encore, la dolique et le Stylosanthes marchent bien. Pour les graminées, on a le *Cenchrus ciliaris*, l'*Andropogon gayanus* ou le *Panicum maxium*.

Dans l'Est, il pleut beaucoup et c'est plus facile, mais il faut des plantes qui ne tombent pas malades. Le Stylosanthes marche aussi très bien.

Ce qui est important, c'est d'arriver à produire une forte biomasse (beaucoup de paille) le plus vite possible, car c'est ce qui va améliorer le sol et contrôler les mauvaises herbes. Les pailles des légumineuses se décomposent plus vite que celles des graminées. En ayant les deux, on peut ainsi garder de la paille suffisamment longtemps sur les parcelles, mais aussi alimenter régulièrement les plantes avec les éléments nutritifs qui viennent de la décomposition de cette biomasse. Dans tous les cas, il est très important de garder le sol couvert en permanence.



Stylosanthes guianensis



Brachiaria ruziziensis





Manioc + *Brachiaria ruziziensis*





Riz pluvial après écobuage





Attention à bien adapter les cultures et les plantes de couverture à la fertilité et à la compaction du sol au début.

Certaines plantes, comme les *Brachiaria,* le *Stylosanthes guianensis* ou le *Cajanus cajan* par exemple sont capables de pousser sur des sols très pauvres, en extrayant du sol les aliments, même si il y en a très peu. Elles peuvent aussi pousser sur des sols très compactés et aller chercher les aliments en profondeur, là où les cultures n'arrivent pas à mettre leurs racines. On les appelle des “pompes biologiques”.
Les plantes de couvertures sont en général capables de pousser sur des sols pauvres, acides et compactés (*Brachiaria* et *Stylosanthes*, par exemple). Attention cependant au Kikuyu,à l’avoine et au trèfle qui ont besoin de sols plus riches.



Sur les sols pauvres, il faut faire de préférence des cultures peu exigeantes, comme le manioc, le pois de terre, le haricot ou l'arachide. Comme ces plantes produisent peu de biomasse, il faut les associer avec d'autres plantes (comme le *Brachiaria* ou le *Stylosanthes*) pour avoir suffisamment de paille pour l'année suivante et améliorer le sol.

Si on veut absolument faire pousser des plantes qui sont plus exigeantes (riz, soja ou maïs par exemple), il faut mettre de l'engrais. Cela n'empêche pas de les associer avec d'autres plantes pour faire encore plus de paille pour l'année suivante. Sur des sols acides, il faut mieux cultiver du riz que du maïs. C’est l’inverse sur des sols dont la structure n’est pas très bonne où le maïs marchera mieux que le riz.
Mais il est préférable d’améliorer le sol avant d’installer des cultures exigeantes qui demandent de l’engrais.



L'écobuage permet de remplacer les engrais si on veut cultiver une plante exigeante, sur des sols pauvres, sans mettre d'engrais (mais si on en met, on peut produire encore plus).

Il est aussi intéressant de mettre du fumier quand on en a.



Remplir les tranchées



Recouvrir de terre





Mettre le feu par les cheminées



Effet sur le sol





Riz pluvial après écobuage





La "cuisson" lente du sol permet de libérer du phosphore et de nombreux éléments nutritifs, et rend plus efficace la matière organique. Le sol devient aussi moins acide (c'est un peu comme dans les systèmes de *Tavy*, mais c'est moins chaud, donc on ne perd pas l'azote).

L'avantage aussi, c'est qu'on ne brûle qu'une petite partie de la matière organique, ce qui évite de dégrader les sols et de tuer les organismes vivants (macrofaune, microfaune et microflore) qui sont bénéfiques pour le sol et les cultures.



- Faire des tranchées d'environ 20 cm de profondeur et 30 cm de large, tous les mètres (parallèlement à la pente).
- Remplir le fond avec de la paille et couvrir avec de la balle de riz. C'est le meilleur combustible, mais cela peut aussi se faire entièrement avec de la paille, ou avec de la paille et des branches d'arbres ou d'arbustes, comme le mimosa (*Accacia mearnsii)* par exemple.
- Recouvrir avec environ 10 cm de terre (prendre la bonne terre du dessus, car il faut un peu de matière organique à brûler dans le sol). Si on en met trop, cela peut étouffer le feu qui s'éteindra. Si on n'en met pas assez, cela brûle trop vite et trop chaud: on perd de l'azote.
- Laisser des cheminées en paille environ tous les 1 à 1,5 mètres.
- Allumer le feu par les cheminées: cela doit brûler doucement pendant un jour ou deux.
- Planter ensuite les cultures exigeantes sur les bandes écobuées (et couvrir le sol avec de la paille).



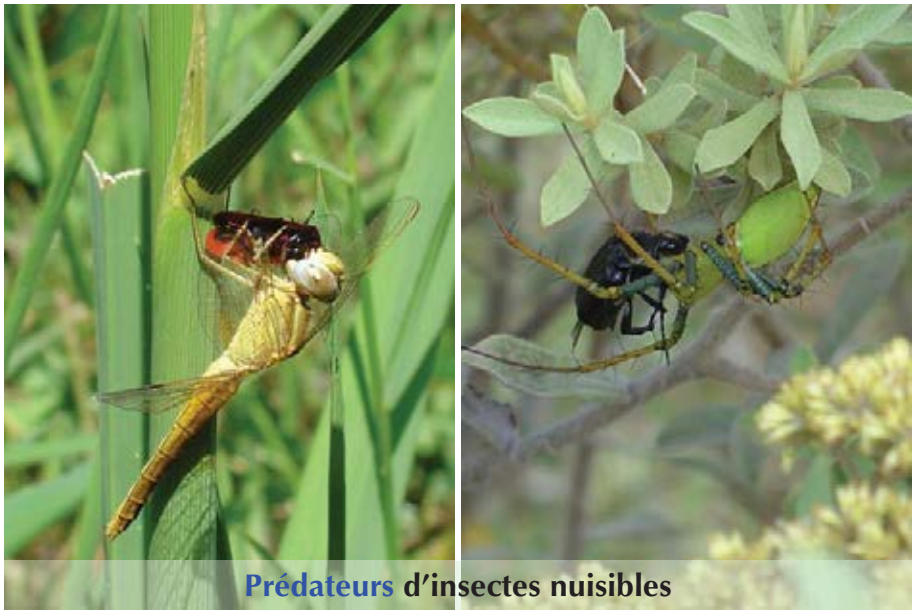
L'écobuage se fait au maximum tous les deux ans, mais plutôt tous les quatre ans. Ne jamais faire un écobuage deux ans de suite car on peut alors brûler trop de matière organique et le sol se dégradera rapidement.

L'effet de l'écobuage dure plusieurs années, mais cela varie en fonction des sols: sur les sols riches des volcans des hauts plateaux, on voit son effet pendant plus de 4 ans, alors que sur les sols les plus pauvres, l'effet dure seulement deux ou trois ans.



Maïs + *Brachiaria* + *Cajanus cajan*





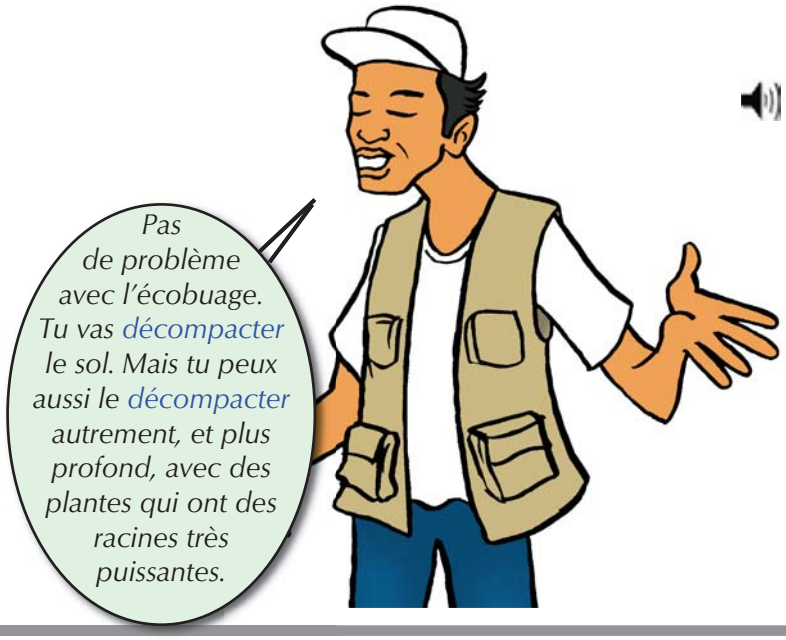
Prédateurs d'insectes nuisibles





Haricot sain sur paillage





L'écobuage, parce qu'il faut faire des tranchées dans le sol, permet de décompacter les sols très durs.

S'il n'y a pas eu d'écobuage, il suffit de commencer la première année en labourant les sols et en mettant des cultures avec des racines assez fortes (maïs ou sorgho par exemple), ou qui peuvent pousser avec des racines qui restent en surface (comme le pois de terre ou le haricot), en les associant à des plantes très puissantes qui vont décompacter les sols, même en profondeur.



Les insectes peuvent parfois être très nombreux, surtout les premières années. Mais c'est souvent pareil avec le labour. Si le risque est important, on peut traiter les graines avant le semis, ou bien le sol ou encore les feuilles quand la culture pousse et que l'on voit des dégâts faits par les insectes. C'est un peu cher (surtout le traitement de semences au Gaucho®, qui marche le mieux), mais ça vaut le coup, surtout si on a mis de l'engrais.

Mais en général, après plusieurs années, des animaux utiles vont revenir, prédateurs qui mangent les insectes nuisibles (ceux qui attaquent les plantes) et on a beaucoup moins de problèmes.
Sur les hauts plateaux par exemple, on observe moins d'attaques des *Heteronychus* après 4 ans de semis direct que sur les parcelles labourées.



Avec le Semis direct, les plantes sont en général mieux nourries, ont plus d'eau et sont donc plus fortes pour résister aux insectes et aux maladies.

On peut cependant traiter les semences, surtout les légumineuses, si on a peur que les champignons empêchent la graine de germer. Ça, ça ne coûte pas cher du tout (le Thirame par exemple: il suffit de 5 g par kg de semences!) et c'est facile à trouver.

En faisant des rotations de cultures, on empêche aussi les champignons de se transmettre d'une culture à l'autre en restant dans les pailles.

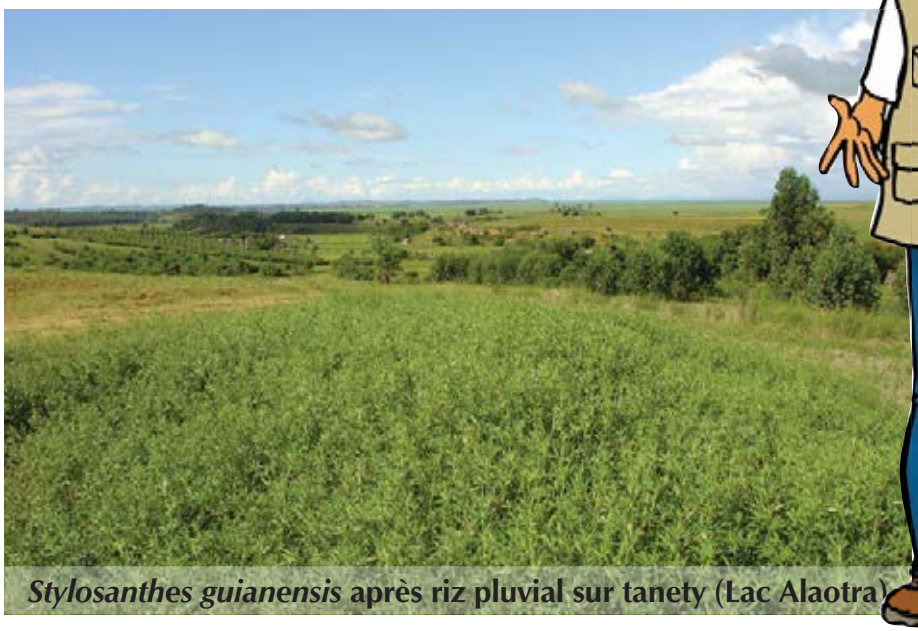


Serpent, prédateur de rats, dans la paille





***Brachiaria humidicola* sur *tanety* (Sud-Est)**



***Stylosanthes guianensis* après riz pluvial sur tanety (Lac Alaotra)**





Les attaques des rats peuvent arriver, comme sur les cultures avec labour. S'il y a des serpents, on peut les laisser pour manger les rats. Si les rats font vraiment de gros dégâts, sur les petites parcelles, on peut utiliser des produits pour les tuer (la Roténone® par exemple).

Mais souvent, on a plus de dégâts à cause des poules dans les parcelles proches des habitations! Il faut faire attention à ne pas les laisser aller chercher les graines semées dans la paille ou les vers de terre qui se développent dans le sol.



Des plantes comme *Stylosanthes, Brachiaria,* Bana grass, etc. fournissent un fourrage de très bonne qualité (bien meilleur que le *bozaka*) pratiquement toute l'année. Cela évite aux éleveurs d'avoir à brûler le *bozaka* pour obtenir des jeunes pousses pour nourrir leurs animaux. Cela réduit donc doublement les risques de feu : les éleveurs auront moins besoin de brûler (tout en nourrissant mieux leurs animaux) et si le feu arrive sur ces parcelles, les plantes vertes même en saison sèche vont ralentir ou arrêter le feu.

Des bandes d'*Arachis pintoï* ou de *Stylosanthes guianensis* qui restent verts toute l'année dans le Sud-Est ou en altitude peuvent constituer de bons parres-feu.

Les *Brachiaria* par exemple peuvent supporter de brûler sans mourir. Bien sûr la biomasse est alors perdue, mais ces plantes vont redémarrer après le passage du feu pour refaire rapidement de la paille.





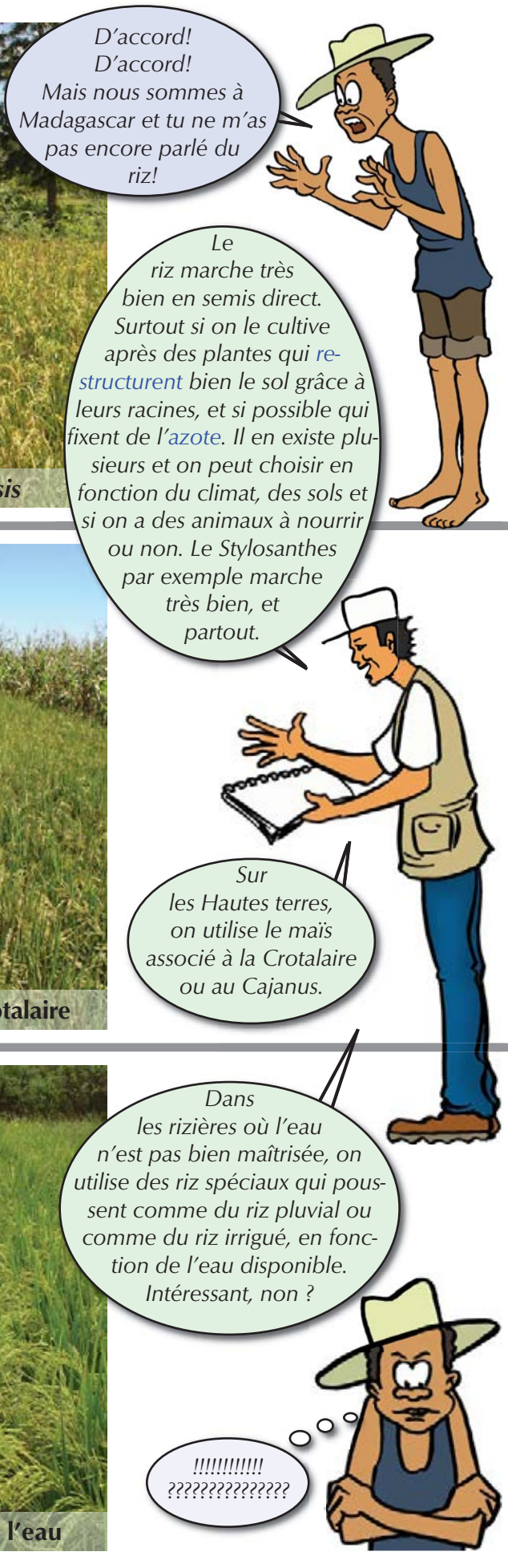
Riz pluvial sur paillage de *Stylosanthes guianensis*




Crotalaire après récolte du maïs | **Riz pluvial après crotalaire**




Riz Sebota dans des rizières à mauvaise maîtrise de l'eau



- Installer le *Stylosanthes guianensis* (la variété CIAT 184 qui n'est pas sensible aux champignons) en association avec du maïs, du riz ou du manioc par exemple. Il va démarrer doucement et ne fera pas baisser le rendement de la culture.
- Laisser pousser le *Stylosanthes* pendant la deuxième année (une partie peut être utilisée pour nourrir les animaux).
- A la fin de la saison sèche, tuer le *Stylosanthes* par un simple coup d'*angady* à la base
- Semer le riz directement dans la paille du *Stylosanthes*, dès les premières pluies

Cela permet de semer du riz pluvial très tôt (avant même de commencer à préparer les rizières), sans avoir de labour ni de désherbage à faire en cours de végétation. On n'a même pas besoin d'herbicide et les engrais ne sont pas indispensables. Le *Stylosanthes* a redonné une bonne structure au sol et a apporté de l'azote qui va servir au riz.

Le maïs et la Crotalaire ont redonné une bonne structure au sol. La crotalaire a apporté de l'azote. Ceci fait un très bon précédent pour le riz. Si la paille est suffisante, il n'y a pas besoin d'herbicide. Il suffit de faucher au ras du sol la Crotalaire et de coucher les pieds de maïs.
Il est aussi possible de mettre dans le maïs du *Brachiaria* (qui a des racines très fortes) et du *Cajanus cajan* (aussi appelé Pois d'Angole ou Ambrevade) qui a aussi des racines puissantes et apporte en plus de l'*azote* au sol.

Les variétés de riz poly-aptitudes (Sebota) peuvent être cultivées très tôt dans les rizières, sans attendre que l'eau soit suffisante pour mettre en boue et repiquer. Elles peuvent être semées directement sur le sol (avec utilisation d'herbicide) ou dans la paille. Elles démarrent en pluvial et quand l'eau arrive, elles continuent à pousser en irrigué (elle peuvent même passer plusieurs jours entièrement sous l'eau si une crue arrive après qu'elles se sont bien installées). Cela peut aussi être l'inverse. Elles peuvent démarrer comme les variétés irriguées (semis en prégermé dans la boue, ou repiquage dans l'eau) et finir en pluvial si l'eau n'arrive pas! En plus, ce sont des variétés de très bonne qualité, qui peuvent produire jusqu'à 7-8 t/ha à Madagascar (avec de l'engrais, et autour de 3t/ha sans engrais). Les cycles sont assez courts (115-125 jours au Lac Alaotra) ce qui permet de récolter très tôt, pendant la soudure quand le riz se vend très cher. On peut alors mettre une légumineuse en contre -saison (Dolique par exemple) qui apportera de l'azote et fera un paillage pour cultiver directement sans labour l'année suivante, et donc de semer encore plus tôt.



Maïs avec couverture vive de légumineuse pérenne





Maïs associé à la Dolique



Maïs associé au Niébé





Arachide sur paillage



Pois de terre sous la paille

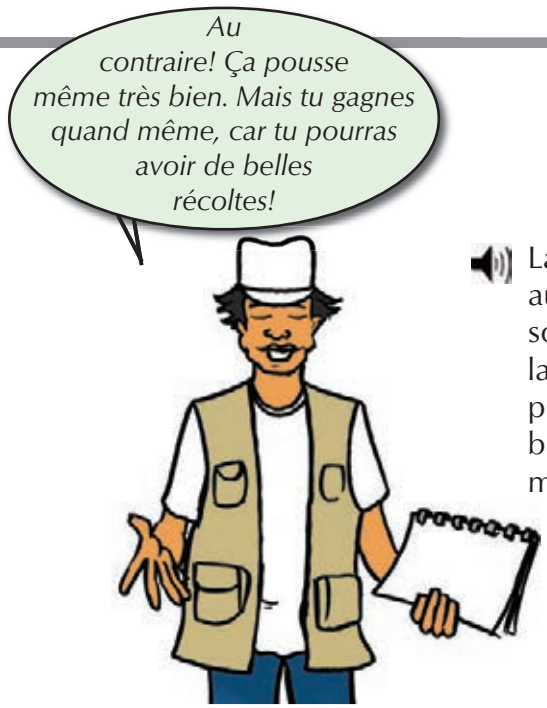


Le maïs va profiter de l'azote apporté par le Desmodium ou le trèfle. Il n'est pas nécessaire de ressemer chaque fois la plante de couverture car elle va rester vivante pendant l'hiver. Il suffira de la laisser redémarrer au printemps, et de la contrôler avec un petit peu d'herbicide sur les lignes où on va mettre le maïs.
C'est facile car il n'y a pas de mauvaises herbes et on peut même couper le Desmodium ou le Trèfle pour nourrir les animaux.
Le Desmodium protège aussi le maïs contre des insectes (Borer).

La Dolique, le Niébé, le *Vigna umbellata* (*Tsiasiso*) ou le *Stylosanthes* vont apporter de l'azote et enrichir le sol. Sur un sol riche, comme le maïs pousse plus vite, même si on sème en même temps, il n'y a pas de compétition entre les deux plantes. Sur un sol moins riche, on peut semer la plante de couverture un peu plus tard que le maïs pour qu'il ait le temps de se développer. La Dolique en particulier va pousser très longtemps pendant la saison sèche et produire encore plus de paille pour l'année suivante. La paille ralenti aussi le ruissellement de l'eau ce qui permet de la garder pour la parcelle. On va pouvoir semer très tôt dans la paille, sans avoir besoin de labourer et donc mieux utiliser toute l'eau qui tombe.

En plus, dans les zones où le *Striga* est un problème, ces plantes vont le couvrir et vont empêcher ses graines de germer. On peut ainsi très rapidement se débarrasser du *Striga* grâce à la couverture végétale permanente.

L'avantage en plus avec la dolique, le *Vigna umbellata* ou le niébé, c'est que la plante de couverture produit des graines que l'on peut manger ou vendre.



La production de pois de terre ou d'arachide est très fortement augmentée par un simple paillage. Les gousses se placent juste sous la paille et on gagne beaucoup de temps au moment de la récolte. Aussi, il y a beaucoup moins de maladies sur ces plantes: quand il y a un paillage les gouttes de pluie n'éclaboussent pas les feuilles avec de la terre qui transporte des maladies.



Haricot sur paillage d'avoine



Avoine plantée dans le haricot





Soja sur couverture vive de Kikuyu







Haricot sur chiendent



Soja sur chiendent





On peut commencer par faire de l'avoine qui restructure le sol et surtout contrôle toutes les mauvaises herbes. Il suffit de la faucher et de semer le haricot. Il n'y a plus besoin de labourer, ni de désherber et on n'a même pas besoin d'herbicide.

On peut aussi faire l'inverse, en commençant par un premier cycle de haricot (dans la paille de l'avoine de l'hiver précédent) puis cultiver de l'avoine en hiver qui fera beaucoup de paille pour l'année suivante (on peut même en donner un peu aux animaux).



Le Kikuyu est une graminée (encore un bon fourrage) qui va améliorer la structure du sol et enlever les mauvaises herbes. Il peut être contrôlé (sans le tuer) avec un peu d'herbicide pour mettre du haricot ou du soja. On peut aussi faucher régulièrement le Kikuyu pour le donner aux animaux car c'est un très bon fourrage. Mais attention, il ne pousse bien que si les sols sont assez riches.



Le chiendent (*Cynodon dactylon*) a déjà fait comme un labour naturel grâce à ses racines très puissantes et le sol n'est pas compacté. En le tuant (avec de l'herbicide: 5 ou 6 l/ha de glyphosate) ou en encore mieux, en le contrôlant sans le tuer (en mettant moins d'herbicide: 2,5 ou 3l/ha seulement), on peut semer directement du haricot, du soja, du niébé ou du pois de terre dans le chiendent. On gagne vraiment beaucoup de temps et les rendements sont bien meilleurs qu'avec le labour.

Sur des parcelles déjà cultivées, on peut installer un autre *Cynodon* , le Tifton et faire comme avec le chiendent ensuite, sans le tuer. L'avantage est que le Tifton produit plus de biomasse et est un meilleur fourrage que le Cynodon naturel.



Riz pluvial sur chiendent





Riz pluvial sur *tanety*





Manioc associé au *Brachiaria ruziziensis*





Pour faire du riz, il suffit de tuer le chiendent avec de l'herbicide et de semer directement dedans. Le mieux, pour pouvoir semer très tôt est de tuer le chiendent à la fin de la saison des pluies. Sinon, il faudra attendre qu'il reparte aux premières pluies pour pouvoir le tuer, et cela retarde le semis.

Comme le chiendent est une graminée, il faut apporter de l'azote sur le riz sinon il y a un risque que le riz soit tout jaune car il aura faim d'azote (surtout si on vient de tuer le chiendent). On peut aussi tuer le chiendent en fin de saison des pluies et planter une légumineuse comme la dolique qui va pousser en saison sèche et apporter de l'azote au sol. C'est encore mieux!



Le type d'herbicide, la dose et la période d'application dépendent de la végétation en place.
Les cultures possibles aussi, car si le sol n'a pas été décompacté par la plante, il faudra d'abord mettre des cultures peu exigeantes et des plantes qui ont des racines très puissantes pour décompacter.
Sur les tanety, certaines plantes comme le Chiendent, bien développé, ou l'*Hypparhenia* auront décompacté le sol. Il est possible de cultiver directement des légumineuses (même sans engrais) ou du riz par exemple (si on apporte de l'azote).
Par contre, d'autres plantes comme l'*Aristida* (Bozaka), surtout si elles n'ont pas bien poussé, n'ont pas suffisamment amélioré le sol pour pouvoir cultiver du riz directement. On peut installer des plantes comme le *Brachiaria humidicola* qui a des racines très puissantes et va décompacter le sol.



Le *Brachiaria*, s'il est laissé au moins un an avec le Manioc, fait comme un labour et décompacte le sol et en améliore la structure. Le Manioc en profite et peut faire des tubercules plus gros, plus tendres et qui se conservent mieux dans le sol. Les tubercules restent en surface et on gagne beaucoup de temps à la récolte.
En plus, cela donne du fourrage pour les animaux, et permet de remettre en culture l'année suivante, en tuant le *Brachiaria* avec de l'herbicide. Le mieux est de cultiver une légumineuse comme le Niébé, mais on peut même faire du riz si l'on veut, à condition d'apporter un peu d'engrais.
Cela marche partout, mais il faut faire très attention dans les zones très sèches à bien contrôler le *Brachiaria* sinon il va prendre l'eau du Manioc pendant les périodes très sèches.



Pomme de terre après écobuage



Avoine après pomme de terre





Tomate sur paille de riz



Choux sur paille de riz





Acacia et *Brachiaria*



Pêchers et trèfle blanc



Caféiers et Arachis





L'écobuage améliore fortement la terre. Avec de l'engrais et un paillage, la production de pomme de terre peut être très importante: plus de 25 t/ha, même sur des sols qui étaient abandonnés. Les pommes de terre sont plus grosses, plus tendres et n'ont pas de taches bleues (car elles ne manquent pas de phosphore grâce à l'écobuage). Comme pour l'arachide et le pois de terre, on gagne beaucoup de temps à la récolte car les tubercules restent sous la paille, en surface.

On peut ensuite mettre de l'avoine par exemple qui va pousser en hiver. Dans l'avoine, l'année suivante, on peut semer directement du riz (en apportant de l'urée) qui profitera encore de l'amélioration de la terre par l'écobuage, et qui n'aura pas besoin de labour et nécessitera très peu de désherbage grâce à la paille d'avoine.



Le paillage réduit l'évaporation. Au lac Alaotra en contre-saison par exemple, alors qu'il faut arroser tous les jours sur sol labouré et nu, un ou deux arrosages par semaine suffisent.
Le paillage évite aussi de nombreuses maladies, en particulier pour la tomate et la pomme de terre. Comme pour le pois de terre, les gouttent de pluie n'éclaboussent pas les feuilles avec de la terre qui contient des maladies, et comme le sol est mieux aéré, les maladies ne peuvent pas bien se développer dans le sol.



La plantation d'arbres dans du *Brachiaria*, en le tuant à l'herbicide à l'endroit où on veut planter les arbres est très intéressante. Cela évite un gros travail pour faire les trous des arbres, et surtout l'arbre pousse beaucoup plus vite car il peut faire des racines rapidement. Cela marche pour les arbres fruitiers, aussi bien dans le Sud -Est que vers Mahajanga.

On peut bien sûr aussi écobuer dans le trou où on plante les arbres. Cela marche très bien surtout avec les arbres fruitiers.

Si on plante des arbres comme les *Acacia*, ils apportent aussi de l'azote au sol et le *Brachiaria* en profite et produit beaucoup de fourrage!



Manioc + *Stylosanthes guianensis*





Maïs + Soja



Pomme de terre + avoine





Maïs + *Stylosanthes guianensis* / Riz + *Stylosanthes guianensis*





Sur les sols pauvres, il faut utiliser des cultures peu exigeantes, associées à des plantes de couverture qui peuvent produire une forte biomasse même sans engrais.
On peut ainsi cultiver du manioc ou du pois de terre (si l'on se trouve à moins de 1 500 m d'altitude) et les associer avec du *Stylosanthes guianensis* ou un des Brachiaria.
Ces systèmes permettent de produire une culture et des fourrages dès la première année, et d'améliorer rapidement les sols (à condition de laisser suffisamment de biomasse sur la parcelle).

Le Brachiaria est très intéressant pour les sols compactés, mais il faudra de l'herbicide pour remettre en culture l'année suivante. Le Stylosanthes a l'avantage de ne pas nécessiter d'herbicide pour la remise en culture et il fixe de l'azote, mais produit moins de biomasse.



Sur les *tanety* un peu plus riches, le mieux est d'utiliser le chiendent comme couverture que l'on garde vivante. On peut aussi implanter du Kikuyu qui jouera le même rôle (mais est plus exigeant). Dans ce tapis produit par la graminée, on peut semer directement des légumineuses comme le haricot ou le soja. Il suffit de ralentir la croissance de la couverture avec un peu d'herbicide, où en la fauchant très souvent, ce qui permet de l'utiliser pour donner à manger aux animaux.

Sur les sols suffisamment riches pour cultiver du maïs, on peut l'associer avec du haricot ou du soja, et cultiver ensuite de l'avoine (pour produire de la biomasse) ou de la pomme de terre (en semis direct dans les résidus de récolte).

Sur les hauts plateaux en général, la culture de la pomme de terre (avec écobuage de préférence, surtout si les sols sont pauvres) est très intéressante. En y associant de l'avoine, on produit en plus de la biomasse pour les animaux ou pour faire un paillage la saison suivante (sur lequel on pourra par exemple cultiver du riz à condition d'apporter un peu d'azote).



Le Maïs peut être associé à de nombreuses plantes:

- Du *Desmodium uncinatum* ou de l'*Arachis pintoï* en couverture vive, sur laquelle on fera du Maïs chaque année.
- Du Brachiaria qui peut être associé à du Cajanus ou de la Crotalaire pour décompacter et enrichir les sols ce qui prépare bien le sol pour faire du riz.
- Du *Stylosanthes guianensis* pour enrichir rapidement les sols (azote, etc.) et contrôler les adventices. Il se ressème tout seul et permet de faire des rotations Riz - Maïs sans avoir à ressemer de plante de couverture.

Toutes ces plantes sont en plus de très bons fourrages.



Manioc + *Brachiaria ruziziensis*



Pois de terre sur chiendent



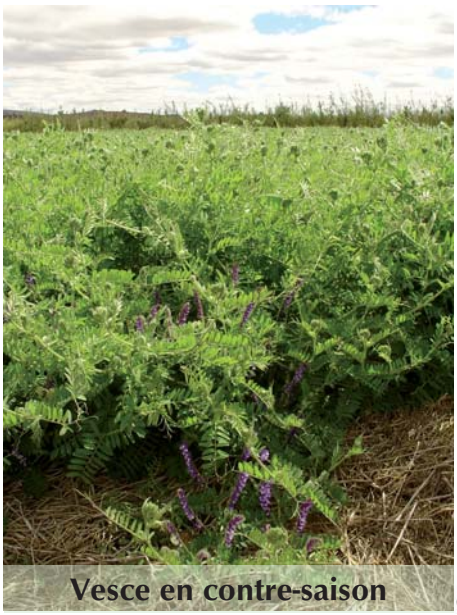


Maïs + Dolique / Riz





Riz poly-aptitude (Sebota 41)



Vesce en contre-saison





Sur les sols pauvres au Lac Alaotra ou dans le Moyen - Ouest, on peut proposer comme sur les hauts plateaux du Manioc associé au Brachiaria ou au Stylosanthes. Comme il fait plus chaud, on peut produire plus de biomasse et améliorer les sols plus rapidement que sur les hauts plateaux. En revanche, il faut faire attention à l'eau car il y a une longue saison sèche et il ne faut pas laisser la plante de couverture gêner le Manioc.

S'il y a du chiendent, le haricot et le pois de terre marchent très bien en semis direct, soit en tuant le chiendent, soit en le conservant vivant.

Il est aussi possible de faire de l'arachide ou du pois de terre associés à du Cajanus ou de la crotalaire pour produire plus de biomasse.



Sur les sols plus riches, sur les tanety ou les *baiboho*, il est intéressant de faire des rotations entre riz et maïs, en associant des légumineuses (pour apporter de l'azote). On peut ainsi faire:

- Du Maïs associé à de la Dolique, du Niébé ou du *Vigna umbellata* une année, et du riz l'année suivante. Si le sol reste suffisamment humide, on peut cultiver de la dolique ou de la vesce en contre-saison, après le riz.
- Du Maïs associé au *Stylosanthes guianensis*, et l'année suivante du riz dans lequel le Stylosanthes sera toujours présent (ressemis naturel).



Les variétés de riz poly-aptitudes (SEBOTA en particulier) sont très bien adaptées dans ces régions. Elles permettent de mieux valoriser les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau et d'obtenir des rendements très élevés dans les rizières irriguées si l'on apporte de l'engrais (jusqu'à plus de 8 t/ha).
Partout où cela est possible, il est très intéressant d'installer une légumineuse en contre-saison, comme la vesce ou la dolique qui fixent de grandes quantités d'azote et permettent de réduire l'enherbement.



Sorgho + Dolique



Cotonnier après Maïs + Niébé



Riz poly-aptitude dans rizière à mauvaise maîtrise d'eau





Dans ces milieux très secs, il faut essayer de produire au moins un an sur deux une très forte biomasse, qui se décompose doucement. On peut y arriver en associant le maïs, ou encore mieux, le sorgho ou le mil, avec des plantes de couverture comme:

- Maïs ou sorgho + dolique ou niébé (ou *Vigna umbellata* si l'on peut le pailler), qui permet d'obtenir deux productions de grains et une forte biomasse.
- Maïs ou sorgho + Stylosanthes qui permet d'améliorer rapidement les sols.
- Maïs ou sorgho + Brachiaria + Cajanus, qui permet de produire une très forte biomasse et de restructurer les sols.

Le cotonnier est très intéressant en semis direct dans la paille produite par ces systèmes, en particulier après du maïs ou du sorgho associé à une légumineuse annuelle (Dolique, Niébé, *Vigna umbellata*). Les temps de travaux sont réduits, en particulier pour le sarclage, et les rendements fortement augmentés, en particulier grâce à la réduction de l'évaporation par le paillage.



Dans les zones où il existe des rizières, avec une maîtrise de l'eau limitée, les variété poly-aptitudes sont également très intéressantes. En semis direct, elles permettent de réduire la consommation en eau, et ainsi d'en économiser pour augmenter les surfaces cultivées, ou permettre une culture de contre-saison. En fonction de la disponibilité en eau durant la saison sèche, on pourra ou non cultiver une légumineuse, voire même du maïs associé à une légumineuse.



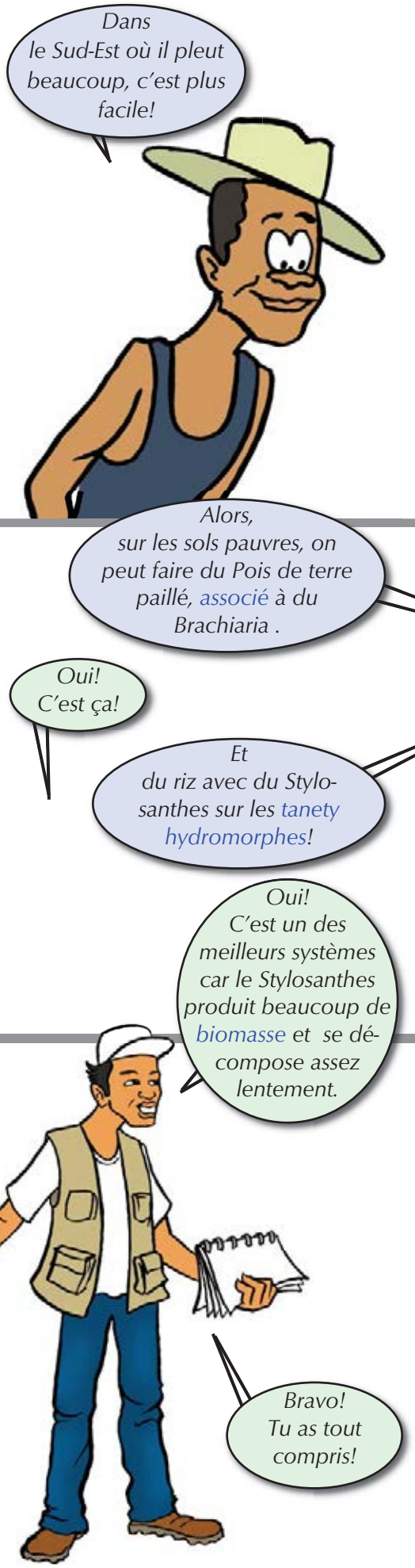
Pois de terre + Brachiaria



Riz + *Stylosanthes guianensis*



Niébé en contre-saison dans bas-fond drainé





Le climat chaud et humide pratiquement toute l'année fait que la décomposition de la biomasse produite est très rapide. Il est difficile de garder un mulch suffisant toute l'année. Il est donc nécessaire de produire une forte quantité de biomasse, régulièrement tout au long de l'année. On peut pour cela utiliser des plantes pérennes comme le Brachiaria ou le Stylosanthes, ou produire plusieurs plantes annuelles dans la même année.

Sur les sols pauvres, on peu cultiver du pois de terre (sur paillage) ou du manioc en les associant à du Brachiaria ou du Stylosanthes.



Sur des sols qui ont été défrichés récemment et qui sont encore riches, il faut les couvrir le plus vite possible pour éviter que l'érosion ne les dégrade très vite. Là encore, on peut utiliser le Brachiaria ou le Stylosanthes. On peut les semer dans le riz, ou juste après la récolte. Ce qui est encore mieux est de ne pas brûler la végétation abatue et de commencer avec du Stylosanthes qui va couvrir le sol et qu'on utilisera pour le semis direct l'année suivante.

Les *tanety* hydromorphes, souvent gorgées d'eau ne permettent pas un grand choix de cultures. On peut cependant y cultiver du riz que l'on associe au Stylosanthes. On peut alors laisser le Stylosanthes un an ou plus, et recultiver du riz en SCV dans l'importante biomasse produite, qui contrôle les mauvaises herbes et a permis d'enrichir le sol.



Dans les bas-fonds drainés, le sol va progressivement s'améliorer. Les premières années, on peut cultiver du riz comme le font traditionnellement les paysans (le drainage va cependant améliorer la production). Quand la saison des fortes pluies est passée et que les bas-fonds ne risquent plus d'être inondés, on peut alors cultiver du Niébé qui va apporter un revenu supplémentaire et de l'azote au sol.

Après quelques années, quand le sol s'est amélioré, on peut utiliser des variétés poly-aptitudes et intensifier la culture du riz.

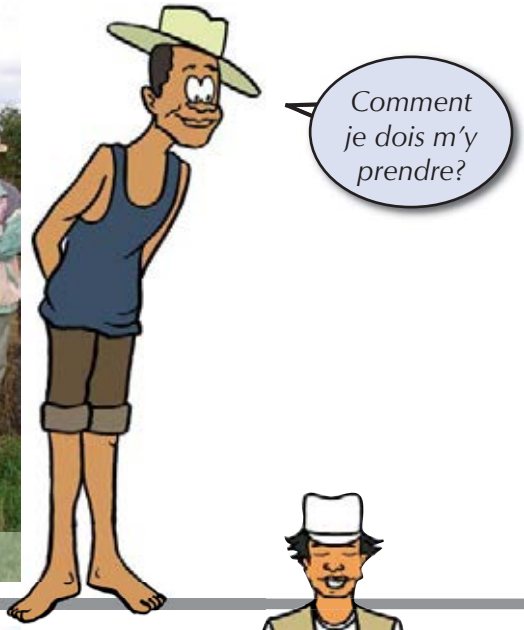


Riz pluvial après Dolique (Lac Alaotra)





Echanges entre paysans









Cette méthode de culture est très développée dans toute l'Amérique, et elle se développe en Asie et en Afrique.
Au Brésil par exemple, elle est utilisée sur 22 millions d'hectares et chaque année, des milliers de paysans abandonnent le labour.

A Madagascar, des essais conduits par TAFA depuis plus de 10 ans avec des paysans montrent que cela marche très bien. Ces essais ont permis de créer et de tester beaucoup de systèmes, pour tous les sols et pour toutes les cultures. On sait maintenant le faire dans toutes les zones de l'île, avec des rendements qui augmentent chaque année. Les paysans malgaches utilisent déjà ces techniques sur plus de 3000 hectares.



Les principaux organismes qui travaillent sur le semis direct à Madagascar:

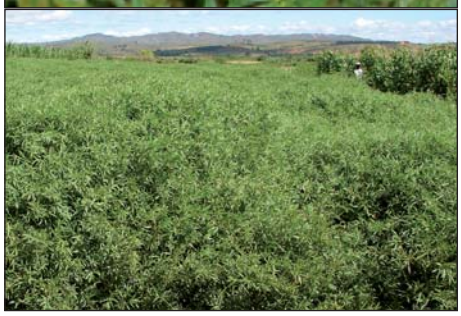
- **Hauts plateaux et Moyen-Ouest:** TAFA, FIFAMANOR, FAFIALA, FOFIFA, SD-Mad avec le projet BV-PI SEHP
- **Lac Alaotra:** TAFA, SD-Mad, BRL, ANAE, AVSF, avec le projet BV-Lac Alaotra
- **Sud-Est:** TAFA, AVSF, Inter Aide, BRL, SD-Mad avec le projet BV-PI SEHP
- **Sud-Ouest**: TAFA, ANAE, AVSF
- **Grand Sud:** GRET, CARE International

Autres zones : PLAE (Marovoay), BRL (Lac Itasy), Verama (Masiloka), etc.

Tous ces organismes sont rassemblés dans un groupement : Le Groupement Semis Direct de Madagascar.

GSDM: Lot VA 26 Y Ambatoroka
BP 6039 Ambanidia Antananarivo 101
Tel: +261 20 22 276 27
Email: gsdm@moov.mg





Stylosanthes guianensis

Stylosanthes guianensis est une légumineuse pérenne aux caractéristiques très intéressantes pour le semis direct. Elle est capable de fixer de grandes quantités d'azote et améliore rapidement le sol, d'autant plus que son système racinaire assez puissant permet d'en améliorer aussi la structure. Son implantation est assez lente, ce qui évite la compétition avec la culture principale (maïs, riz, manioc, etc.), mais étant pérenne et capable de pousser en saison sèche, cette plante produit une forte biomasse, couvre complètement le sol et élimine les adventices. Bien que pérenne, le Stylosanthes peut se contrôler facilement sans herbicide par simple fauche au ras du sol. On peut aussi le laisser produire des graines qui lui permettrons de redémarrer tout seul l'année suivante, sans avoir à le ressemer. Enfin, il s'agit d'un excellent fourrage (mais qui ne supporte pas bien le pâturage ou les fauches fréquentes ou trop basses). La variété CIAT 184 est recommandée car elle est résistante à l'anthrachnose, une maladie liée à un champignon. De plus, elle est capable de produire dans toutes les situations de sols (très bien adaptée aux sols acides mais capable de pousser aussi sur sols volcaniques) et de climat à Madagascar (jusqu'à 1600 m d'altitude).

Dolique, Niébé et *Vigna umbellata*



La dolique (*Dolichos lab lab*), le Niébé (*Vigna unguiculata*) et le *Vigna umbellata* sont trois légumineuses annuelles (cycle de 4 à 8 mois) qui peuvent fixer de grandes quantités d'azote et produisent une forte biomasse qui permet de contrôler les adventices, en particulier le *Striga*. Elles ont aussi l'avantage de produire des grains comestibles et d'être commercialisables.
La dolique est celle ayant la meilleure résistance à la sécheresse, elle se développe plus longtemps que les autres en saison sèche et produit ainsi une forte biomasse. Elle est très recommandée pour les climats avec longue saison sèche (Sud, Sud Ouest, Moyen Ouest, Lac Alaotra). Le niébé est parmi ces trois plantes celle qui résiste le mieux à des conditions de forte humidité (Sud-Est) et la seule qui supporte des températures basses (Hauts plateaux) et qui peut être recommandé dans toutes les zones climatiques de Madagascar. Le *Vigna umbellata* ne se développe pas bien sur sol battant et demande un temps de récolte supérieur aux autres, mais procure souvent des revenus plus importants. Ces trois espèces peuvent être associées au maïs. Le Niébé et le Vigna umbellata peuvent ^petre associés au riz, mais il est parfois nécessaire de décaler les semis pour éviter la compétition. Il est aussi recommandé d'alterner ces plantes pour éviter le développement de maladies.



Desmodium uncinatum

Le *Desmodium uncinatum* est une légumineuse pérenne très intéressante à associer au maïs pour la culture en semis direct sur les Hautes Terres. Il peut être contrôlé sans herbicide par simple fauche, produit une forte biomasse, fixe de l'azote et a un système racinaire relativement puissant qui participe à la restructuration du sol. De plus, le *Desmodium* produit un fourrage de qualité, très apprécié en zone d'élevage laitier. Sa multiplication peut se faire aisément par graine, par éclats de souches ou par boutures.

Vesce velue (*Vicia villosa*)



La vesce velue est une légumineuse annuelle de zone tempérée, recommandée sur les hautes terres et en moyenne altitude durant la saison fraiche. Elle permet de fixer une grande quantité d'azote, de produire une forte biomasse en contre-saison (dans les parcelles où l'humidité reste suffisante en saison sèche, dans les rizières et sur *baiboho* en particulier) et de contrôler les adventices. La production de graines est facile et on peut la laisser se ressemer naturellement.



Brachiaria sp.

Les *Brachiaria* sont des graminées pérennes, très bien adaptées aux sols acides mais se développant bien également sur tout types de sol. Leur système racinaire extrêmement puissant leur permet de se développer sur sols compactés et d'en améliorer rapidement la structure. Ils produisent une très forte biomasse (de bonne qualité fourragère) et contrôlent ainsi les adventices. L'association du Brachiaria avec le manioc est particulièrement intéressante, mais il peut aussi être associé au maïs ou au riz à condition de bien contrôler la compétition car le *Brachiaria* se développe très vite. Il est conseillé de cultiver une légumineuse après cette graminée, le risque de blocage d'azote étant élevé (la culture de céréale demandera un apport important d'urée). Quatre espèces sont particulièrement recommandées à Madagascar, avec des caractéristiques légèrement différentes qui permettent de les adapter aux conditions et aux besoins:



* *Brachiaria ruziziensis* a la meilleure qualité fourragère, mais un système racinaire moins puissant que les autres. Sa durée de vie est assez courte (3-4 ans) et il peut se contrôler avec 1080 g/ha de glyphosate pour remise en culture alors que les autres espèces demanderont 1800 g/ha pour être maîtrisées. Sa reproduction par graine est facile (il faut donc éviter de le laisser grainer si on veut remettre la parcelle en culture).
* *Brachiaria brizantha* (en particulier la variété Marandu) possède un système racinaire très puissant, couvrant bien le sol, produisant une très forte biomasse de bonne qualité et se développe bien dans tous les milieux. Sa multiplication par graine est également assez facile, tout comme le bouturage ou la multiplication par éclats de souches.
* *Brachiaria humidicola* possède le système racinaire le plus puissant, avec rhizomes et stolons, ce qui lui permet de couvrir le sol rapidement et de le protéger totalement contre l'érosion. Capable de supporter une saison sèche assez longue, il est possible de le cultiver dans toutes les situations climatiques, mais il se comporte le mieux en zone humide (Sud-Est) pour lesquelles il est particulièrement recommandé. Il produit peu de graines fertiles (sauf en altitude) et est en général implanté par boutures ou éclats de souches.
* *Brachiaria decumbens* est capable de pousser dans des climats plus frais et est recommandé pour les zones d'altitude élevée.



Avoine (*Avena strigosa* et *A. sativa*)

L'avoine est une céréale (graminée) annuelle de zone tempérée. Elle possède un système racinaire assez puissant (bonne restructuration du sol), produit une biomasse intéressante en saison froide (quantité importante et excellente qualité fourragère). Elle contrôle également de façon très efficace la plupart des adventices grâce à des substances allélopathiques, véritables herbicides naturels, qu'elle sécrète.
Contrôlable sans herbicide par simple fauche après la floraison, elle est un précédant très intéressant, en particulier pour les légumineuses comme le haricot. Par contre, un blocage d'azote est à craindre pour la culture de céréale. Pour éviter cela, l'association de l'avoine avec la vesce est une solution très intéressante.

Activité biologique (d'un sol): Activité, vie de tous les petits animaux dans le sol: microfaune, macrofaune et microflore. Elle est très importante pour que le sol vive et soit fertile.

Adventice: Plante qui se développe avec les cultures et leur fait de la compétition ("mauvaise herbe").

Angady: Sorte de bêche traditionnelle malgache. On peut l'utiliser pour le semis direct manuel.

Annuel(le) (Plante): Qui se développe, fleurit, fait des graines et meurt en moins d'un an.

Association, associées (cultures): Des cultures associées sont des cultures (ou des plantes de couverture) que l'on fait pousser en même temps dans une parcelle. Les plantes peuvent être semées en même temps, ou bien décalées, mais elle poussent ensemble pendant un moment.

Azote (N): L'azote est un élément nutritif très important pour les plantes qui en ont toutes besoin. Les légumineuses sont capable de le prendre dans l'air et de le fixer, alors que les graminées sont obligées de le prendre dans le sol. Des graminées cultivées sur un paillage de graminées souffrent souvent d'un gros manque d'azote que l'on appelle "faim d'azote". On peut apporter de l'azote au sol en cultivant régulièrement des légumineuses, ou en apportant de l'engrais. L'urée est le principal engrais azoté, mais il y en a aussi dans le mélange N-P-K.

Bactéries: Animaux microscopiques (invisibles à l'oeil nu) très importants dans les sols. Sans bactéries, les plantes ont du mal à absorber les éléments nutritifs qui restent piégés dans le sol.

Baiboho: Nom malgache désignant un sol très fertile, alluvial ou colluvial, riche en limons, issu de l'accumulation des produits de l'érosion.

Battant (sol): Sol qui a tendance a développer une couche dure en surface (croute)

Biomasse: Masse d'origine biologique, essentiellement la masse d'origine végétale (qui provient de la production par les plantes de feuilles, tiges et racines).

Bozaka: Nom malgache désignant une végétation à base de graminées, en particulier *Aristida sp.*, fréquemment rencontré à Madagascar

Compaction (sol compacté, décompacter) : Présence d'une couche dure, que les racines des plantes ont du mal a traverser et qui empêche l'eau de s'infiltrer. Décompacter un sol, c'est rendre cette couche moins dure (améliorer sa structure), pour que les racines puissent y entrer plus facilement et que l'eau puisse s'infiltrer en profondeur dans le sol.

Compétition: Lutte pour prendre les ressources (éléments nutritifs, eau, lumière,etc.). Une plante qui fait de la compétition à une autre l'empêche de bien se développer.

Cycle de culture: Période où la culture est en place et se développe, du semis à la récolte.

Décomposition: Dégradation, fractionnement en morceaux ou éléments de plus en plus petits. La décomposition de la biomasse se fait sous l'action de la macrofaune qui découpe en petits morceaux au début, puis des micro-organismes une fois que les morceaux sont suffisamment petits.

Dina: Nom malgache désignant une loi traditionnelle locale.

Eléments nutritifs: Eléments que la plante absorbe comme nourriture, indispensables à sa croissance. Il s'agit des éléments essentiels comme l'azote, le phosphore et la potasse (N-P-K) nécessaires en grande quantité, et des oligo-éléments qui sont indispensables à la plante mais en très petites quantités (comme le bore, le soufre, le zinc, etc.).

Exigeante (plante): Une plante exigeante est une plante qui a besoin de sols riches pour bien pousser. Au contraire, une plante peu exigeante pourra pousser même sur des sols pauvres.

Fertilité (du sol): Richesse du sol (en particulier en éléments nutritifs). Un sol fertile est un sol qui permet aux plantes de bien se développer.

Fongicide: Produit (chimique ou naturel) qui tue les champignons ou les empêche de se reproduire.

Graminées: Famille de plantes herbacées, aux feuilles longues et étroites, aux fleurs peu visibles. Les céréales cultivées (riz, maïs, sorgho, etc.) sont des graminées, ainsi que de nombreux fourrages/plantes de couverture comme les *Brachiaria*, *Eleusine*, etc. Les graminées ont souvent des racines très puissantes, capables de décompacter les sols.

Haies vives: Haies, ou barrières faites avec des plantes (arbres ou arbustes, épineux ou non) vivantes, plantées en lignes de manière suffisamment serrées pour empêcher le passage d'animaux (et réduire le ruissellement de l'eau).

Herbicide: Produit (chimique ou naturel) qui tue les plantes ou les empêche de pousser.

Hydromorphe (sol): Sol qui est très souvent gorgé d'eau ce qui lui donne des caractéristiques particulières.

Infiltration, infiltrer: L'infiltration de l'eau dans le sol est la descente, la pénétration de l'eau en profondeur où elle pourra être stockée.

Insecticide: Produit (chimique ou naturel) qui tue les insectes ou les empêche de se reproduire.

Légumineuses: Famille de plantes à feuilles larges qui sont capables (grâce à une association avec des bactéries) de capter l'azote de l'air et de le fixer. Les légumineuses cultivées comme le haricot, le soja ou le niébé sont en général riches en protéines (dans les grains et les feuilles), tout comme les légumineuses fourragères (Stylosanthes par exemple).

Macrofaune: Organismes vivants de taille relativement grande (> 2 mm) en comparaison aux micro-organismes qui ne sont pas visibles à l'oeil nu. La macrofaune joue un rôle important, en particulier les vers de terre qui améliorent la structure du sol.

Microfaune et microflore: Ensemble des organismes (animaux pour la microfaune, végétaux pour la microflore) microscopiques (de très petite taille, non visibles à l'oeil nu). Ces organismes sont présents en très grand nombre dans les sols et sont indispensable au bon fonctionnement et à la fertilité du sol, en particulier les bactéries et divers champignons.

Matière organique: Matière provenant d'organismes végétaux et animaux. Leur dégradation conduit à la formation de substances noires qui assombrissent le sol, réunies sous le nom de "humus". La matière organique joue un rôle très important dans la fertilité et la structure du sol.

Nuisibles (insectes): Les insectes nuisibles sont des insectes qui font des dégâts aux cultures. Ils peuvent manger les racines ou les feuilles, pondre dans leur tige, sucer la sève, transmettre des maladies, etc.

Plantes de couverture: Plantes capables de produire une forte biomasse et que l'on va utiliser pour couvrir les sols. Les plantes de couverture sont souvent également de bonnes plantes fourragères.

Pérennes (Plantes): Plantes qui ont un cycle de plusieurs années (au contraire des plantes annuelles qui ont un cycle de quelques mois uniquement). Une fois installées, les plantes pérennes (ou vivaces) sont en général plus puissantes que les plantes annuelles et vont leur faire une forte compétition et les dominer.

Phosphore (P): Elément nutritif majeur, indispensable à la croissance des plantes, en particulier lorsqu'elles sont jeunes. Il favorise le développement des racines, la transformation de l'énergie du soleil en sucres (photosynthèse) et la production de graines (fécondation et mise à fruit).

Plantes fourragères, fourrages: Plantes capables de produire une forte biomasse et très nourrissantes pour les animaux que l'on va nourrir avec. Les légumineuses en général produisent moins mais sont des fourrages plus riches que les graminées (en protéines en particulier).

Poly-aptitudes (riz): Riz capables de s'adapter et de pousser en conditions irriguées ou pluviales, en fonction de la disponibilité en eau. Ils peuvent ainsi être semés en sec ou prégermés dans la boue, puis de passer en conditions irriguées avec une nappe d'eau quand elle devient disponible, ou au contraire de démarrer le cycle en conditions irriguées (repiquage) puis de le terminer en conditions pluviales. Les riz SEBOTA, créés au Brésil par Lucien Séguy, Serge Bouzinac et James Taillebois ont été sélectionnées pour cette poly-aptitude.

Prédateurs: Animaux qui se nourrissent d'autres animaux.

Résidus de récolte: Tous les restes de la végétation laissés en place après la récolte.

Rotation (de cultures): Succession des différentes cultures sur une même parcelle. Faire des rotations de cultures pour ne pas cultiver toujours la même plante (qui puisera toujours la même chose dans le sol et finira par l'épuiser) est très important pour garder la fertilité des sols.

Ruissellement: Ecoulement de l'eau (en petits ruisseaux ou en nappe d'eau) qui provoque l'érosion des sols.

Structure du sol, restructurer: La structure du sol est comment son assemblés ses différents éléments. Elle peut changer rapidement sous l'effet de la pluie, du travail, de l'activité biologique, etc. Une bonne structure du sol permet une bonne aération du sol, l'infiltration et le stockage de l'eau et favorise le développement de l'activité biologique. Restructurer un sol c'est améliorer sa structure, en particulier en éliminant la compaction.

Tanety:Colline (terme malgache).

Tavy: Système de culture sur brûlis après abattis (terme traditionnel malgache).

Tubercule: Racine comestible (comme le manioc, la pomme de terre, etc.).

Végétation: Ensemble des plantes. La végétation sur une parcelle est l'ensemble des plantes qui s'y trouvent.

Vivace (plante): Voir Pérenne.



Les techniques de Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente (SCV) proposent des solutions aux problèmes écologiques majeurs que nos sociétés affrontent actuellement. Elles permetttent :

- de lutter contre l'érosion des sols
- de restaurer les sols dégradés et laissés à l'abandon
- de séquestrer du carbone
- de réduire l'agriculture itinérante et la pratique du Tavy, et de participer ainsi à la lutte contre la déforestation
- de réduire sensiblement la consommation d'eau nécessaire à la production agricole
- de réduire les risques d'inondation
- d'augmenter les rendements

Le Semis Direct propose également une alternative sérieuse à la désertification et à la paupérisation des campagnes, car ces techniques s'adaptent à tous les milieux, procurent des rendements attractifs, réduisent la pénibilité des travaux et permettent de tendre vers une agriculture biologique à grande échelle.

Ce fascicule présente une approche simplifiée des possibilités qu'offrent les techniques de Semis Direct. Cette brochure est destinée aux agriculteurs et aux vulgarisateurs de terrain.



GSDM:
Lot VA 26 Y Ambatoroka
BP 6039 Ambanidia
Antananarivo 101
Tel: +261 20 22 276 27
Email: gsdm@moov.mg



Annexe 5

Supports de formation : Posters pour les échanges avec les paysans

Laetitia Gibouin, Olivier Husson, Tahina Raharison

Janvier 2009

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
AGENCE FRANÇAISE

FFEM

Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche

Supports de formations avec les agriculteurs



SYSTEME TRADITIONNEL

En traditionnel on laboure pour :

- Lutter contre les mauvaises herbes



- Décompacter et structurer le sol



- Remonter la fertilité du sol par un labour profond



Les problèmes rencontrés avec le labour

- Erosion



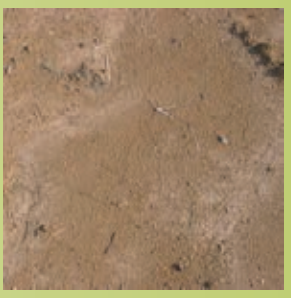
- Mauvaises herbes pérennes



- Assèchement



- Compaction / Battance



- Mauvaise infiltration de l'eau



- Temps de travail important



Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

LES SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

LES TROIS GRANDS PRINCIPES

1 Couverture du sol :

- Contrôler les mauvaises herbes
- Eviter l'érosion
- Conserver l'humidité



Couverture morte : riz sur résiduts



Couverture vive : maïs sur desmodium

2 Travail biologique du sol :

- Développer l'activité racinaire
- Développer l'activité biologique (vers de terre, bactéries...)

Pas de labour à partir de la 2ème année



Système racinaire



Ver de terre

3 Associations, successions et rotations de cultures :

- Améliorer la fertilité des sols en créant de la biomasse
- Diversifier les productions
- Eviter les maladies
- Contrôler les mauvaise herbes
- Développer la pompe biologique



Succession Riz / Vesce



Association Maïs / Haricot

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

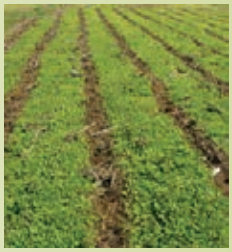
Semis direct sur Couverture Végétale permanente

1 - Comment lutte t'on contre les mauvaises herbes ?

- Couverture permanente du sol :



Riz sur couverture morte

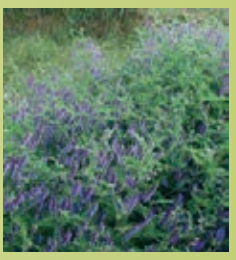


Arachis en couverture vive

- Utilisation de plantes qui contrôlent les autres :



Avoine



Vesce

+ Avantages

- Contrôle de l'érosion :



Couverture morte : haricot paillé sur avoine



Couverture vive : maïs sur Arachis

- Conservation de l'humidité
- Amélioration de l'infiltration de l'eau



Sol resté humide sous paillis



Riz sur couverture morte

− Inconvénients

- Nécessite le maintien de la couverture sur la parcelle
- Sarclage difficile
- Gestion difficile de certaines plantes de couverture : besoin d'un traitement herbicide en cas de couverture insuffisante

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

2 - Comment décompacte t'on le sol ?

- Utilisation de plantes à système racinaire puissant



Racines de Brachiaria



Racines d'eleusine

- Développement de l'activité biologique



Vers de terre



Champignons sur les racines

+ Avantages

- Amélioration durable de la structure du sol
- Protection du sol



Bonne structure de sol



Couverture morte protégeant le sol

- Les racines des plantes descendent plus profond qu'un labour
- Recharge du sol en matière organique



Racines de Maïs sur desmodium



Racines de maïs sur labour

− Inconvénients

- Nécessite la disponibilité et une bonne connaissance des plantes pouvant décompacter
- Nécessite de pouvoir contrôler ces plantes

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

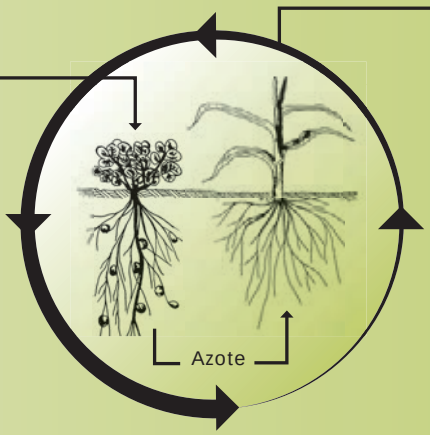
3 - Comment remonte t'on la fertilité du sol ?

- Utilisation de plantes comme «pompe» biologique :


Niébé


Brachiaria

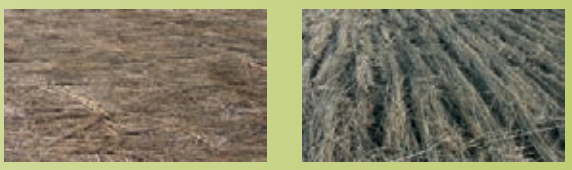

Haricot sur avoine




Riz


Maïs

- Production de plantes de couverture tous les ans permettant de retourner une grande quantité de biomasse au dessus et dans le sol
- Relance de l'activité biologique


Biomasse rendue au sol

+ Avantages

- **Associations de cultures**

Diversification des cultures = sécurité des productions


Maïs + Haricot

- **Successions de cultures**

Amélioration de la fertilité - Moins de risque de maladies - Contrôle des mauvaises herbes



Succession Riz / Vesce

- **Rotations de cultures**



Rotation Stylo // Riz

− Inconvénients

- Nécessite une bonne maîtrise technique et un suivi rapproché
- Nécessite une période de transition pour profiter des avantages et un minimum d'investissement

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

AVANTAGES / INCONVENIENTS

+ Avantages

- Amélioration progressive de la fertilité du sol et augmentation des rendements
- Conservation de l'humidité du sol
- Diminution des coûts de production
- Réduction de l'érosion du sol
- Réduction du temps de travail de préparation de la terre
- Réduction ou suppression de jachères
- Production de fourrage possible
- Contrôle des mauvaises herbes



Riz sur couverture morte



Maïs sur Arachis pintoï

− Inconvénients



Fauche de brachiaria trop développé dans le maïs



Manque de résiduts sur la parcelle = pousse des mauvaises herbes

- Nécessite une bonne maîtrise technique
- Temps de latence pour profiter pleinement des effets sur la fertilité
- Sarclage plus difficile dans les résiduts en cas de mauvaise couverture
- Reprise difficile de certaines plantes de couverture
- Changements des habitudes
- Conservation d'une partie des résiduts sur la parcelle
- Contraintes d'assolement liées aux rotations de cultures
- Besoin d'un minimum d'intrants

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

PLANTES DE COUVERTURE UTILISABLES EN FOURRAGE

Brachiaria

Bon fourrage, c'est surtout une plante à forte capacité de décompaction du sol et à forte croissance



Vesce



Avoine

ATTENTION : à n'utiliser que sur les hautes terres



Stylosanthes

- Plante facile à associer aux céréales (maïs ou sorgho), qui fixe l'azote et qui «nettoie» bien les parcelles des mauvaises herbes
- Très bon fourrage (riche en protéines)

ATTENTION : ne pas utiliser sur les hautes terres, au dessus de 1300 m



Et quelques autres plantes :


Trèfle


Desmodium


Arachis Pintoï


Chloris


Pennisetum


Raygrass


Radis


Eleusine

ATTENTION : Il faut conserver une partie des résiduts pour la couverture et ne pas tout exporter

- Si besoin de beaucoup de fourrage : brachiaria
- Si besoin d'un peu de fourrage et d'augmenter la production : Avoine-Vesce
- Cultures annuelles : laisser la moitié des résiduts sur la parcelle
- Cultures semi-pérennes : - Fauche régulière
  - Arrêt de la fauche minimum 6 mois avant la reprise en culture

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin

EN SCV

Semis direct sur Couverture Végétale permanente

TECHNIQUES CULTURALES

Préparation de la parcelle (pas de travail du sol)



Passage d'un herbicide



Fauche du stylosanthes



Passage du rouleau à cornière

Semis à travers la couverture



Trou au baton





Trou à l'angady



Semis dans les trous



Semis
à la canne planteuse

Sarclage

Arrachage manuel, il faut mieux éviter d'utiliser l'angady

Récolte sur la parcelle

On ne récolte que les gousses, fruits et on laisse les résiduts sur la parcelle





Récolte des panicules de riz





Paille de riz et cannes de maïs laissées sur les parcelles

Conception : François-Xavier Chabaud - Hasina...- Olivier Husson - Tahina... + les noms des techniciens SD-Mad / Photos : Olivier Husson - Rakotondramanana - Krishna Naudin - Lucien Séguy / Réalisation : Laetitia Gibouin



Annexe 6

Le jeu de l'oie des SCV

Olivier Husson, Rakotondramanana,

Lætitia Gibouin, Lucien Séguy

Février 2010

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM
Groupement Semis Direct de Madagascar

afd
AGENCE FRANÇAISE

FFEM

Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche

Le jeu de l'oie des SCV



Le jeu de l'oie des SCV



Jeu de l'oie

Le semis direct sur couverture végétale permanente (en milieu tropical)

Fiche de questions

1	Il est indispensable de labourer le sol avant de semer une culture.	Vrai ou faux ?
2	Le labour permet d'améliorer durablement la structure du sol.	Vrai ou faux ?
3	Le labour permet de contrôler les adventices vivaces.	Vrai ou faux ?
4	Le labour accélère la minéralisation de la matière organique et la libération d'éléments nutritifs.	Vrai ou faux ?
5	Un simple apport de paille peut permettre d'améliorer considérablement l'état des cultures.	Vrai ou faux ?
6	**Tu as fait un écobuage ! La fertilité du sol est améliorée. Regarde pourquoi à la page «réponses».**	**Va à la case 12 !**
7	Les plantes à petites graines démarrent plus vite que les plantes à grosses graines.	Vrai ou faux ?
8	Quand elle est bouturée, une plante a une reprise plus rapide que quand elle est plantée par graines.	Vrai ou faux ?
9	**Tu as semé très tôt. C'est un gros avantage pour les cultures qui sont très belles. Regarde pourquoi à la page «réponses» Si tu es arrivé ici en faisant 5 et 4, va directement à la case 53. Si tu as fait 6 et 3, va directement à la case 26 !**	
10	Le fait de lui associer une plante de couverture fait toujours baisser le rendement de la culture principale.	Vrai ou faux ?
11	Il est difficile d'associer des plantes en culture mécanisée.	Vrai ou faux ?
12	En décalant le semis d'une plante de couverture de quelques semaines par rapport à la culture principale, on réduit le risque qu'elle lui fasse de la compétition.	Vrai ou faux ?
13	On ne peut pas éloigner les plantes de couverture des cultures pour essayer de réduire le risque de compétition, car cela conduit à une réduction du nombre de plantes par hectare, ce qui fait chuter la production.	Vrai ou faux ?
14	**Tu as mal géré l'association entre les plantes ! La plante de couverture fait de la compétition à la culture. Tu dois la contrôler. Regarde comment faire à la page «réponses».**	**Passe deux tours !**
15	Les légumineuses volubiles comme la mucuna ou la dolique sont des plantes de couverture faciles à associer avec toutes les cultures car elles font peu de compétition.	Vrai ou faux ?
16	Les brachiarias sont des plantes très faciles à associer aux cultures car elles font peu de compétition.	Vrai ou faux ?
17	Le stylosanthes est une plante de couverture très facile à associer aux cultures car sa croissance en début de cycle est lente.	Vrai ou faux?
18	**Tu as utilisé des semences d'excellente qualité et tu as choisi les bonnes espèces et les bonnes variétés.**	**Rejoue !**
19	**La couverture du sol n'est pas suffisante ! Tu dois arracher les mauvaises herbes qui poussent.**	**Passe deux tours !**
20	Le maïs est une culture à laquelle il est très facile d'associer une plante de couverture.	Vrai ou faux ?
21	Le cotonnier est une culture à laquelle il est très facile d'associer une plante de couverture.	Vrai ou faux ?
22	Il n'est pas possible de cultiver en semis direct des plantes à gynophores (arachide, pois de terre) car la couverture végétale empêche les gynophores de positionner les gousses dans le sol	Vrai ou faux ?
23	Il est possible de cultiver des plantes «souterraines» (manioc, pomme de terre, etc.) en semis direct.	Vrai ou faux ?
24	Il est possible de semer une plante de couverture dans le soja, quelques semaines avant sa récolte.	Vrai ou faux ?
25	**Des animaux non gardés ont mangé toute la couverture végétale. Tu dois la ressemer.**	**Retourne à la case 12 !**
26	Il est indispensable de bien tuer la plante de couverture avant d'installer une culture.	Vrai ou faux ?
27	**Tu as parfaitement géré l'association des plantes : dates de semis, densité, agencement des plantes dans l'espace, fertilisation localisée, variété, etc. Regarde les explications à la page «réponses» .**	**Rejoue !**
28	Le semis direct ne peut se faire que si on dispose d'herbicide pour contrôler les plantes de couverture.	Vrai ou faux ?
29	*Stylosanthes guianensis* est une plante de couverture très intéressante, mais difficile à contrôler.	Vrai ou faux ?
30	Parmi les différentes espèces de brachiaria, *Brachiaria ruziziensis* est la plus facile à contrôler.	Vrai ou faux ?
31	**Tu n'as plus de semences ! Reste sur cette case jusqu'à ce qu'un autre joueur t'en apporte ! Tu te rendras alors sur la case qu'il vient de quitter. Regarde les informations à la page «réponses»**	
32	Les espèces du genre *Brachiaria* et le stylosanthes sont particulièrement bien adaptés aux sols acides.	Vrai ou faux ?

Le jeu de l'oie des SCV

33 Le maïs est une plante qui tolère mieux l'acidité que le riz pluvial. Vrai ou faux ?

34 Certaines plantes de couverture sont capables de recycler les éléments nutritifs lixiviés en profondeur. Vrai ou faux ?

35 Certaines plantes de couverture sont capables de mobiliser des éléments nutritifs fixés dans le sol et qui ne sont pas accessibles aux cultures. Vrai ou faux ?

36 **Tu as réussi à produire une très forte biomasse et tu disposes d'une très belle couverture végétale. Rejoue !**

37 Certaines légumineuses peuvent fixer l'équivalent en azote de plus de 400 kg/ha d'urée. Vrai ou faux ?

38 Le semis direct, qui demande une forte production de biomasse, nécessite beaucoup d'eau pour les différentes plantes et ne peut donc se faire que dans les climats très humides. Vrai ou faux ?

39 Le contrôle des adventices en semis direct se fait essentiellement par un usage intensif d'herbicides. Vrai ou faux ?

40 Certaines plantes de couverture produisent des substances qui diminuent l'impact des insectes ravageurs. Vrai ou faux ?

41 Le riz pluvial possède un système racinaire très puissant, capable de décompacter les sols. Vrai ou faux ?

42 **Un feu non contrôlé t'a fait perdre toute la couverture végétale. Il faut la reconstituer. Retourne à la case 30 !**

43 En protégeant le sol pour éviter l'érosion, on peut maintenir son stock de matière organique sans qu'il soit nécessaire de lui apporter de la matière organique fraîche. Vrai ou faux ?

44 Les plantes, en puisant la fertilité du sol, contribuent à sa dégradation. Vrai ou faux ?

45 **Grâce aux apports de biomasse, le taux de matière organique du sol augmente. Regarde à la page «réponses». Rejoue !**

46 Toutes les plantes, une fois mortes, se décomposent à la même vitesse. Vrai ou faux ?

47 La matière organique du sol est essentielle pour sa structure. Vrai ou faux ?

48 La matière organique est essentielle pour le stockage des éléments nutritifs et l'alimentation des plantes. Vrai ou faux ?

49 La macrofaune et la microflore, qui se nourrissent de matière organique, la décomposent et entraînent sa minéralisation. Une forte activité biologique conduit donc à une dégradation rapide du sol. Vrai ou faux ?

50 Le semis direct est beaucoup plus facile en zone tropicale humide où on peut aisément produire une forte biomasse, qu'en milieu tempéré où les températures et les précipitations limitent la production de biomasse. Vrai ou faux ?

51 De bons systèmes en semis direct, bien conduits, permettent de séquestrer plus de 2 t/ha/an de carbone. Vrai ou faux ?

52 **Tu n'as pas fait attention aux rats qui ont causé des dégâts sur les cultures et remonté en surface des graines de mauvaises herbes. Passe deux tours !**

53 Le semis direct nécessite de conserver toute la biomasse produite et ne permet pas l'alimentation du bétail. Vrai ou faux ?

54 **La faune et la microflore du sol sont dans de très bonnes conditions et sont très actives. Le sol est devenu très fertile. Rejoue !**

55 La microflore du sol contribue à la bonne alimentation des plantes. Vrai ou faux ?

56 La microflore du sol contribue au maintien de la structure du sol. Vrai ou faux ?

57 La microflore du sol contribue à la santé des plantes. Vrai ou faux ?

58 **Tu as labouré de nouveau ton champ parce que la couverture végétale était insuffisante et que tu avais peur de ne pas pouvoir contrôler les mauvaises herbes. Retourne à la case départ !**

59 **Tes cultures, bien alimentées, sont très saines. Lis les explications à la page «réponses». Rejoue !**

60 Il est possible d'intégrer dans les systèmes de culture diverses espèces en associations et/ou successions, de manière à assurer les fonctions agronomiques fondamentales (protection et structuration du sol, contrôle des adventices et des bio-agresseurs, alimentation des plantes, etc.). Vrai ou faux ?

61 Le semis direct demande des investissements importants Vrai ou faux ?

62 La transition entre systèmes conventionnels et semis direct est longue et risquée. Vrai ou faux ?

63 **Tu es arrivé ! Vas-tu essayer de te lancer dans les cultures en semis direct sur couverture végétale permanente ?**

Jeu de l'oie

Le semis direct sur couverture végétale permanente (en milieu tropical)

Réponses aux questions

(passe un tour si tu ne sais pas répondre)

0 Illustration : gardien de troupeau d'oies au lac Alaotra, Madagascar (climat de moyenne altitude avec longue saison sèche).

1 Faux ! Le semis direct sur couverture végétale remplace le travail mécanique du sol par un travail biologique, effectué par les racines puissantes des plantes et l'activité biologique intense, favorisée par les conditions créées par la couverture végétale permanente (aération, humidité, matière organique, températures tamponnées, etc.).
Illustration : labour manuel en commun sur les hautes terres malgaches (climat sub-tropical d'altitude avec saison froide).

2 Faux ! Le labour améliore temporairement la structure du sol, mais contribue à moyen terme à sa destructuration, par fragilisation des agrégats, érosion, perte de matière organique et baisse de l'activité biologique.
Illustration : labour manuel en commun sur les hautes terres malgaches, avec retournement de grosses mottes.

3 Faux ! Il est très difficile de contrôler les plantes vivaces par le travail du sol uniquement, et le travail du sol peut, au contraire, contribuer à multiplier les plantes à rhizomes (comme *Cynodon dactylon*, le chiendent) ou à organes de réserve souterrains (comme les chaînes de bulbilles de *Cyperus rotundus*), en les fractionnant.
Illustration : Cynodon dactylon, mal contrôlé par un labour retourné, à la charrue. Lac Alaotra, Madagascar.

4 Vrai ! Le labour engendre un pic de minéralisation rapide, par fractionnement de la matière organique, et création d'un flux d'oxygène, généralement en début de saison des pluies. Cette minéralisation conduit à la libération d'éléments nutritifs, mais elle est décalée par rapport aux besoins de la culture et se fait aux dépens du stock de matière organique du sol.
Illustration : apport de poudrette de parc après labour, Lac Alaotra, Madagascar.

5 Vrai ! Le paillage protège le sol, réduit le ruissellement et conserve l'humidité, améliorant le bilan hydrique et favorisant le développement de l'activité biologique.
Illustration : effet très marqué du paillage sur le pois de terre en année sèche au lac Alaotra, Madagascar.

6 **L'écobuage est une combustion lente, à basse température (200°C) de biomasse séchée dans des tranchées et recouverte de terre. Il entraîne une oxydation forte qui active la matière organique inerte du sol, libère des bases (éléments nutritifs), remonte le pH du sol (baisse de l'acidité), mais avec moins de perte d'azote par volatilisation que dans le brûlis traditionnel. Il permet donc à moindre coût (mais avec un travail considérable) de remonter rapidement la fertilité du sol. L'écobuage demande cependant un important travail et une bonne maîtrise technique, et il suppose qu'une importante biomasse (pour le matériel de combustion) soit disponible à proximité.**
Illustration : écobuage sur les hautes terres malgaches.

7 Faux ! De manière générale, les plantes à grosses graines, qui ont plus de réserves, démarrent plus vite que les plantes à petites graines, aux réserves plus faibles et souvent aux téguments très durs qui allongent le temps de germination.
Illustration : graines de soja en semis direct sous la couverture végétale

8 Vrai ! Le bouturage permet ainsi de produire une plus forte biomasse quand la période de production est très courte. Lorsqu'on installe par bouturage une plante associée à une culture, il faut en décaler l'installation de 2 à 3 semaines par rapport à un semis par graines, pour éviter qu'elle ne fasse une trop forte compétition à la culture.
Illustration : installation de brachiaria par bouture, avec trempage pour en améliorer la reprise. Hautes terres malgaches.

9 **Un semis très précoce, dès les premières pluies utiles (40 à 50 mm de pluies en quelques jours) permet de réduire le risque climatique dans les climats à longue saison sèche. Il réduit aussi le risque de compétition par les mauvaises herbes et la pression des bioagresseurs (dont les cycles de multiplication commencent souvent en début de saison des pluies).**
*Illustration : semis direct dans la paille après ouverture d'un trou à l'*angady *(bêche malgache) dans le Moyen-Ouest.*

10 Faux ! Il est très souvent possible d'associer une plante de couverture à une culture qui n'occupe pas tout l'espace libre. Les associations doivent cependant être bien raisonnées et gérées, en fonction des espèces et variétés, faute de quoi elles peuvent effectivement engendrer une perte de production de la culture principale.
Illustration : association Maïs + Stylosanthes dans le Moyen-Ouest de Madagascar (climat de moyenne altitude avec longue saison sèche).

11 Faux ! Des semoirs mécanisés existent, permettant le semis simultané de deux ou même trois plantes. Il est aussi possible de semer un mélange d'espèces à la volée, avec un semoir centrifuge ou un épandeur d'engrais.
Illustration : semis direct mécanisé au Parana, Sud du Brésil.

Le jeu de l'oie des SCV

12 Vrai ! En démarrant plus tard, la plante de couverture est moins compétitive et est dominée par la culture qui intercepte la lumière. En utilisant une plante de couverture à cycle plus long que la culture, la plante de couverture pourra produire rapidement une forte biomasse après la récolte de la culture. Dans les climats à longue saison sèche il faut cependant que le semis décalé dans le temps permette à la plante de couverture de se développer suffisamment avant la saison sèche.
Illustration : Association Riz pluvial + Niébé après écobuage. Semis du niébé (variété «David», à cycle court, non volubile) trois semaines après le semis du riz, semé en double rangs sur les lignes écobuées. Lac Alaotra, Madagascar.

13 Faux ! En positionnant les plantes en quinconces (la plante de couverture au centre d'un carré composé de quatre pieds de la culture) plutôt qu'en carrés, ou encore en faisant des doubles rangs resserrés de la culture pour installer les plantes de couverture entre deux rangs espacés de la culture, on peut accroître la distance minimale entre les plants de la culture et ceux de la plante de couverture, sans changer le nombre total de plants par hectare. On réduit ainsi les risques de compétition et on augmente la production totale de biomasse, sans limiter le potentiel de production de la culture principale.
Illustration : Semis de dolique entre les doubles rangs de maïs. Lac Itasy, Madagascar.

14 **L'installation est une phase capitale pour la gestion des associations. Si le semis n'a pas été réalisé correctement, la plante de couverture peut entrer en compétition avec la culture principale. Il faut alors contrôler rapidement la couverture, soit par fauches répétées, soit par utilisation d'herbicide sélectif de la culture (quand il est disponible), soit par utilisation d'herbicide total à faible dose), dirigé sur les plantes de couverture avec un cache pour éviter de toucher la culture.**
Illustration : Forte compétition sur le maïs par Brachiaria ruziziensis *mal géré. Hautes terres malgaches.*

15 Faux ! Les légumineuses volubiles grimpent sur les autres plantes, leur font de l'ombre et les empêchent donc de se développer. Il faut donc les associer avec précautions, et ce d'autant plus que leur cycle est court.
Illustration : Association bien gérée de Maïs + Dolique, à forte production de grains et de biomasse. Lac Itasy. Madagascar.

16 Faux ! Les brachiarias sont des plantes très agressives, à croissance rapide, très compétitives pour l'eau et les éléments nutritifs (ce qui leur permet de produire une forte biomasse en peu de temps et de dominer la plupart des adventices). Il faut donc les associer avec précautions (décalage du semis, espacement important, moyens de contrôle disponibles, etc.).
Illustration : Association bien gérée de Manioc + Brachiaria ruziziensis *au lac Alaotra, Madagascar.*

17 Vrai ! Le stylosanthes qui est une plante pérenne, à petite graine très dure, démarre lentement et est peu compétitif en début de cycle. Par contre, son cycle long lui permet de contrôler la plupart des adventices et de produire une très forte biomasse, ce qui en fait une plante de couverture très intéressante, facile à associer à de très nombreuses cultures.
Illustration : Association Riz pluvial + Stylosanthes guianensis *sur la côte Est de Madagascar (climat tropical humide).*

18 **Le choix des espèces est capital dans la gestion des associations. Il existe cependant de très grandes différences entre variétés (cycle, port, production de biomasse, tolérance aux conditions défavorables, etc.). Il faut donc s'assurer de choisir les variétés adaptées au système de culture et aux conditions, et s'approvisionner à temps en semences de qualité. Une mauvaise germination peut en effet compromettre fortement les performances du système.**
Illustration : Forte production de biomasse par diverses plantes de couverture. Lac Alaotra, Madagascar.

19 **La couverture du sol n'est pas suffisante ! Elle ne contrôle pas suffisamment les adventices qui arrivent à pousser au travers. Tu dois les arracher à la main ou appliquer un herbicide. Il faut éviter de perturber le sol (pas de sarclage), ce qui remettrait en position de germination les graines d'adventices dans le sol et ferait perdre l'intérêt du semis direct.**
Illustration : Forte infestation d'adventices du fait d'absence de couverture végétale. Hautes terres malgaches.

20 Vrai ! Le maïs est une plante au système racinaire assez puissant et profond. Plante érigée de grande taille, il se développe rapidement et domine les autres plantes. Semé à faible densité, il laisse passer de la lumière ce qui permet à une plante de couverture de bien se développer et de produire une forte biomasse. Son association est donc aisée et très intéressante.
Illustration : Association Maïs + niébé sur la côte Sud-Ouest de Madagascar (climat à très longue saison sèche).

21 Faux ! Le cotonnier supporte mal la concurrence des autres plantes, et quand il se développe bien, il couvre rapidement le sol et ne laisse pas passer de lumière, ce qui ne permet pas la croissance de plantes sous son couvert. Les associations avec le cotonnier sont donc très difficiles à gérer et peu intéressantes. Seul le niébé est parfois associé à cette culture.
Illustration : Cotonnier après maïs + dolique dans le Sud-Ouest malgache.

22 Faux ! Les gynophores n'ont aucun problème à passer à travers la couverture végétale. Les rendements sont très fortement augmentés par un simple paillage, et les plantes placent leurs gousses juste sous la couverture végétale, ce qui permet une récolte rapide, en perturbant très peu le sol.
Illustration : Pois de terre sous couverture de Cynodon dactylon. *Lac Alaotra, Madagascar.*

23 Vrai ! Le rendement du manioc par exemple est très fortement augmenté quand il est associé au brachiaria ou au stylosanthes (qui restructurent et enrichissent le sol, ce qui profite au manioc). De plus, les plantes positionnent leurs racines tubérisées (pomme de terre) ou leurs tubercules (manioc) en surface, juste sous la couverture végétale, ce qui permet une récolte rapide, et qui ne perturbe pas trop le sol.
Illustration : Tubercules de manioc développées en surface, en association avec Brachiaria humidicola. Sud-Est Malgache.

24 Vrai ! On peut en particulier semer à la volée quelques semaines avant la maturité. Quand le soja perd ses feuilles, elles tombent au sol et couvrent les graines. L'humidité conservée permet la germination, et les feuilles qui se décomposent rapidement ne gênent pas la levée.
Illustration : Jeunes pousses d'avoine après semis dans le soja, avant récolte. Hautes terres malgaches.

25 **Il est très important de pouvoir maintenir la couverture végétale en permanence. D'une part, elle alimente la matière organique du sol, et d'autre part elle permet de contrôler les adventices. Si la divagation des animaux n'a laissé qu'une faible biomasse, il est important de la reconstituer au plus vite, ou de prendre des précautions pour le contrôle des adventices dans la culture suivante (quand il est trop tard pour reconstituer la couverture).**

Illustration : Prélèvement de toute la biomasse par les zébus dans le Grand-Sud malgache (climat semi-aride).

26 Faux ! Il est possible (et très efficace quand on le maîtrise bien) de cultiver sur une couverture pérenne, maintenue vivante. Dans ce cas, la plante de couverture est simplement contrôlée (fauche, herbicide à faible dose, effet du gel, etc.), en plein ou simplement sur les bandes où la culture sera installée, le temps que la culture puisse la dominer (40 jours environ). La culture sur couverture vive requiert une bonne maîtrise technique, mais permet une production de biomasse importante et régulière, sans avoir à installer une couverture chaque année puisqu'elle repousse naturellement.
*Illustration : Jeunes plants de maïs dans une couverture maintenue vivante d'*Arachis pintoï. *Hautes terres malgaches.*

27 **La gestion des associations de plantes se fait en «jouant» à la fois sur le cycle et le port des plantes (espèces et variétés), leurs caractéristiques (système racinaire, exigences nutritionnelles, compétitivité), les densités de semis, leur agencement dans l'espace (plus elles sont éloignées, moins elles sont en concurrence), la fertilisation (localisée au pied des plantes cultivées, elle les favorise), et éventuellement sur la profondeur de semis (pour les plantes qui le supportent, un semis profond retarde leur levée), un apport d'irrigation, etc. La mise en place est donc une étape fondamentale, mais il est aussi possible par la suite de freiner la croissance d'une plante de couverture qui se développerait trop rapidement par rapport à la culture principale (fauche, herbicide). Cette gestion vise à assurer la production de la culture principale, puis à maximiser la production de biomasse par la plante de couverture.**
*Illustration : Maïs sur couverture vive d'*Arachis pintoï. *Lac Alaotra, Madagascar.*

28 Faux ! De nombreuses plantes de couverture se contrôlent très bien sans herbicide. Les plantes annuelles (comme l'avoine, la vesce, le radis fourrager, etc.) sont facilement contrôlées par une simple fauche ou le passage d'un rouleau à cornières après leur floraison. Il existe aussi des plantes vivaces qui peuvent se contrôler facilement (décapage au ras du sol, passages de rouleau à cornières, etc.), comme le stylosanthes par exemple.
Illustration : Passage de rouleau à cornières pour le contrôle du Vigna umbellata *au lac Alaotra, Madagascar.*

29 Faux ! *Stylosanthes guianensis* est une plante de couverture très intéressante pour les nombreuses fonctions agronomiques qu'elle assure (mobilisation des bases, fixation d'azote, restructuration du sol, contrôle des adventices, etc.), mais aussi parce qu'elle est très facile à contrôler. Cela peut se faire de diverses manières : fauche ou décapage au ras du sol, passages de rouleau à cornières et application de solution concentrée (KCl à 30% + acide), que ce soit en culture manuelle ou en culture mécanisée, avec ou sans intrants.
Illustration : Pivot de Stylosanthes guianensis *qu'il suffit de couper au ras du sol pour un contrôle total.*

30 Vrai ! 1080 g/ha de glyphosate sont en général suffisants pour contrôler *Brachiaria ruziziensis* , alors qu'il faut 1800 g/ha pour *B. Brizantha*, *B. decumbens* ou *B. humidicola*. *B. ruziziensis* peut aussi être contrôlé par décapage au ras du sol, ce qu'il est difficile de faire avec *B. humidicola* par exemple.
Illustration : Production d'une belle couverture végétale par Brachiaria ruziziensis.

31 **L'approvisionnement, à temps, en semences de qualité est un point crucial, qui peut facilement devenir un obstacle si on ne prend pas les précautions nécessaires. Il est indispensable de préparer à temps ses semences, et de s'assurer quelques semaines avant le semis de leur qualité par un test de germination, très simple à réaliser.**
Illustration : Semences de Vicia villosa (vesce velue).

32 Vrai ! *Stylosanthes guianensis* (qu'on appelle pourtant la «luzerne tropicale»), et en particulier la variété CIAT 184 qui est très performante, a été sélectionné sur des sols acides. Les différents brachiarias ont eux aussi été sélectionnés (par les éleveurs) pour leur capacité à produire une très forte biomasse sur des sols acides.
Illustration : Stylosanthes guianensis *sur sol acide dans le Moyen-Ouest de Madagascar.*

33 Faux ! Le maïs se développe mal sur des sols acides, alors que le riz tolère bien ces conditions.
Illustration : Riz pluvial sur sol acide (sur couverture de Stylosanthes guianensis*) au lac Alaotra, Madagascar.*

34 Vrai ! Une plante comme le mil a un système racinaire qui peut pousser de 3 cm par jour et descendre à plus de 3 mètres de profondeur. Les brachiarias peuvent descendre à plus de 2 mètres. Ils sont ainsi en mesure de jouer un rôle de «pompe biologique» en recyclant les éléments nutritifs lixiviés à cette profondeur, inaccessibles à la majorité des cultures. Ces éléments nutritifs, assimilés dans la biomasse produite par la plante de couverture, sont restitués en surface lors de la décomposition de la plante qui alimente la litière. Installer dans les systèmes de culture de telles plantes permet de réduire les pertes et donc d'améliorer l'efficacité des engrais, mais aussi de limiter la pollution des nappes phréatiques par les nitrates. Elles rendent ainsi un service écosystémique très important.
Illustration : Développement des racines en profondeur par Brachiaria brizantha*, sur sol compacté. Nord du Vietnam.*

35 Vrai ! Des plantes comme *Stylosanthes guianensis* , les amaranthes, le mil, le cajanus ou les brachiarias par exemple sont capables de mobiliser les bases (K^+, Ca^{2+}) et même le phosphore présents, mais peu disponibles car fixés dans le sol. Ces plantes «utilisent» souvent pour cela la microflore du sol en la stimulant sélectivement par la production d'exsudats racinaires. Cette microflore démultiplie considérablement les surfaces pour l'extraction (mycorhizes, etc.) et modifie l'environnement dans le sens d'une plus grande solubilité de ces éléments nutritifs (diverses bactéries qui modifient pH et potentiel rédox au niveau de la rhizosphère).
Illustration : Grosse production de biomasse par le mil en milieu sec (Sud-Ouest de Madagascar).

36 **Le semis direct sur couverture végétale fonctionne avant tout sur la biomasse produite (en quantité, et en qualité). Plus la biomasse produite est forte, mieux les fonctions agronomiques sont remplies et plus vite les sols s'améliorent. Il est donc fondamental d'assurer une production importante, de qualité variée (associations et successions de différentes espèces) et aussi régulière que possible.**
Illustration : Très forte production de biomasse par le sorgho (type Muskwari) dans le Sud-Est de Madagascar.

37 Vrai ! Les légumineuses comme le stylosanthes ou la vesce peuvent fixer jusqu'à 220 kg d'azote/ha/an, soit l'équivalent de plus de 450 kg d'urée, gratuitement ! Mais certaines graminées comme l'*Eleusine coracana* ou divers brachiarias sont aussi

capables de fixer de l'azote grâce à une association avec des bactéries libres du sol. Bien que moindre que pour les légumineuses, la fixation d'azote par ces plantes peut dépasser 70 kg d'azote/ha/an (soit près de 200 kg/ha d'urée !).
Illustration : Nodosités très développées sur racines de vesce velue, permettant une très forte fixation d'azote.

38 Faux ! La production d'une forte biomasse nécessite effectivement de l'eau, mais le semis direct a une efficacité de l'eau très élevée : réduction du ruissellement et de l'évaporation par la couverture végétale, forte infiltration et stockage de l'eau grâce à la bonne porosité du sol, développement racinaire en profondeur qui permet d'utiliser l'eau profonde du sol (en particulier en saison sèche), etc. En conséquence, les pertes sont réduites et l'eau est utilisée au maximum, ce qui permet de produire une biomasse permettant un bon fonctionnement des systèmes en semis direct, même en climat semi-aride.
Illustration : Systèmes de culture en semis direct et baobabs dans le Sud-Ouest malgache à très longue saison sèche.

39 Faux ! Le contrôle des adventices en semis direct sur couverture végétale permanente doit se faire avant tout par les plantes de couverture, qui éliminent les adventices par compétition (pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs) et par l'émission de substances allélopathiques, véritables «herbicides naturels». La vesce ou l'avoine par exemple sont des plantes «nettoyantes». La couverture végétale épaisse produite par ces plantes contribue également fortement au contrôle des adventices annuelles, d'autant plus qu'en l'absence de perturbation du sol, les graines d'adventices sont maintenues dans des conditions peu favorables à leur levée. L'usage d'herbicide en semis direct est donc limité au contrôle éventuel en première année des adventices vivaces, au contrôle des plantes de couverture quand elles ne peuvent pas l'être sans herbicide, et à des applications à faible dose quand la couverture végétale insuffisante a laissé passer des plantules. Certains systèmes de semis direct permettent ainsi de contrôler de véritables «pestes végétales» comme *Striga asiatica* (systèmes à base de stylosanthes) ou *Cyperus rotundus* (systèmes à base de sorgho).
Illustration : Contrôle total des adventices par une épaisse couverture de vesce velue. Lac Alaotra, Madagascar.

40 Vrai ! Les plantes de la famille des crucifères en particulier remplissent très bien cette fonction, comme le radis fourrager qui contrôle les *Heteronychus spp.*, insectes qui entraînent des dégâts très importants sur les céréales à Madagascar.
Illustration : Radis fourrager sur les hautes terres de Madagascar.

41 Faux ! Au contraire, le riz a un système racinaire relativement faible. Le riz pluvial demande donc une très bonne porosité pour pouvoir se développer convenablement. Il existe cependant des différences marquées entre variétés, des variétés comme les SEBOTA ayant un système racinaire plus important que de nombreuses autres variétés. Les bons précédents culturaux au riz pluvial sont donc des associations de cultures permettant d'obtenir cette bonne porosité, mais aussi d'apporter de l'azote. Ainsi, une association Maïs + *Eleusine coracana* + *Cajanus cajan* qui remplit parfaitement ces fonctions est un excellent précédent au riz pluvial.
Illustration : Système racinaire de riz pluvial (à droite) et de riz poly-aptitude de type SEBOTA (au centre).

42 **Le passage du feu, surtout s'il est répété, fait perdre de la matière organique au sol et contribue à sa dégradation rapide. Dans les zones à risque, où le feu ne peut être contrôlé, il est important d'installer des espèces qui restent vertes aussi longtemps que possible en saison sèche (comme le stylosanthes), ce qui limite les risques de destruction de la couverture végétale par le passage de feu non contrôlé.**
Illustration : Perte totale de la couverture végétale suite à un feu non contrôlé sur les hautes terres de Madagascar.

43 Faux ! S'il est possible de ralentir la minéralisation (en particulier en ne perturbant pas le sol), il est impossible de la stopper. Un sol qui ne reçoit pas régulièrement de la matière organique fraîche voit obligatoirement son stock de matière organique baisser, jusqu'à ne plus conserver que la matière organique «passive», et ce même en l'absence totale d'érosion. Cette perte est d'autant plus rapide que la minéralisation est rapide (les climats chauds et humides engendrent une minéralisation très rapide, à l'inverse des climats tempérés avec une saison froide et sèche) et que le taux initial de matière organique est élevé.
Illustration : Taux élevé de matière organique du sol (5 %) grâce aux apports importants de biomasse. Berry, France.

44 Faux ! Au contraire, sans les plantes, les sols n'existeraient pas. La production de biomasse par les plantes est indispensable pour alimenter le sol en matière organique, sans laquelle un sol ne peut se développer. Par contre, l'exportation abusive de la biomasse produite par les plantes (paille, grains, fibres) peut conduire à la dégradation des sols, si ces exportations ne sont pas compensées par des apports en retour.
Illustration : Jeunes plants de Brachiaria brizantha *capables de se développer sur sol très dégradé. Hautes terres malgaches.*

45 **Un apport régulier de biomasse en quantité, et de différentes natures, permet d'alimenter les différents réservoirs de la matière organique du sol et ainsi de séquestrer durablement du carbone dans le sol (à partir du gaz carbonique atmosphérique), améliorant par là sa fertilité et en conséquence son potentiel de production, tout en rendant un service écosystémique fondamental : la réduction des gaz à effet de serre.**
Illustration : Incorporation progressive dans le sol de la matière organique apportée en surface.

46 Faux ! Les organes des plantes riches en sucres et protéines, au ratio Carbone/Azote bas (comme les feuilles des légumineuses) se décomposent vite. Au contraire les organes riches en cellulose, au ratio Carbone/Azote élevé (comme les tiges des graminées) se décomposent plus lentement, alors que les parties riches en lignine (branches des arbres) se décomposent très lentement.
Illustration : Pousses de soja dans des résidus d'avoine et de maïs. L'avoine provient de la culture précédente, alors que le maïs, à décomposition lente, était cultivé avant l'avoine. Parana, Sud du Brésil (climat sub-tropical).

47 Vrai ! Les différentes fractions de la matière organique dans le sol sont des composantes essentielles des agrégats du sol : les fractions les plus fines entrent dans la composition du complexe argilo-humique, «élément de base» du sol, alors que les fractions plus grosses sont incorporées aux micro-agrégats, et aux macro-agrégats pour les plus grossières.
Illustration : Incorporation progressive de la matière organique dans le sol et formation d'agrégats sous une couverture de Stylosanthes guianensis. *Lac Alaotra, Madagascar.*

48 Vrai ! La capacité d'échange cationique (CEC) du sol, qui correspond à son aptitude à stocker les éléments nutritifs (comme Ca^{2+}, K^{+}, etc.) et à les laisser à disposition des plantes dépend largement de la matière organique du sol. En l'absence de matière organique, ces éléments sont lixiviés et rapidement perdus. De plus, les éléments nutritifs issus de la minéralisation de la matière organique, gardés dans le sol, à disposition des plantes, contribue fortement à leur alimentation. La matière organique du sol permet donc de fournir et de stocker les éléments nutritifs. Elle permet une alimentation régulière et équilibrée des plantes, très difficile à obtenir avec des engrais minéraux seuls.
Illustration : Bonne alimentation des plantes (maïs et niébé) sur sol riche en matière organique. Lac Alaotra, Madagascar.

49 Faux ! Ils entraînent effectivement la minéralisation de la matière organique, mais cette minéralisation, régulée, est nécessaire pour l'alimentation régulière et équilibrée des plantes. La macrofaune et la microflore du sol sont par contre indispensables aux processus de formation du sol en assurant diverses fonctions fondamentales. La bioturbation (brassage du sol, par les vers de terre en particulier), l'agrégation (la formation des agrégats du sol), et la stabilisation de ces agrégats par les myceliums des champignons et les colonies de bactéries ne seraient pas possibles sans la faune et la microflore du sol. L'activité biologique est donc indispensable à la vie (et donc à la formation et à la conservation) du sol.
Illustration : Transit du sol dans un vers de terre.

50 Faux ! Les possibilités de production d'une forte biomasse sont effectivement plus importantes en milieu tropical humide et chaud toute l'année, mais la minéralisation de cette biomasse y est aussi beaucoup plus rapide. Ainsi, dans ces climats, il faut parfois apporter plus de 15t/ha/an de matière sèche pour maintenir le niveau de matière organique autour de 4 %, même sans travailler le sol (ce qui accélère la minéralisation et donc augmente les besoins pour maintenir le niveau originel de matière organique). Il n'en faut que la moitié en milieu tempéré où la minéralisation est limitée par la température et les périodes sèches.
Illustration : Systèmes de culture en semis direct en milieu chaud et humide. Sud-Est de Madagascar.

51 Vrai ! Que ce soit en milieu tropical ou en milieu tempéré. Il faut pour cela une très forte production de biomasse, chaque année. En milieu tropical, des systèmes produisant toute l'année et assurant une production de biomasse sèche supérieure à 30 t/ha/an permettent de séquestrer plus de 2,5 tonnes de carbone/ha/an en moyenne, sur une période de 10 ans. Mais plus le niveau de matière organique du sol est élevé, plus la minéralisation est importante et, en conséquence, plus il faut apporter de la biomasse pour élever ce niveau.
Illustration : Association maïs + crotalaire. Après la récolte du maïs, la crotalaire se développe en saison sèche et produit une forte biomasse. Hautes terres malgaches.

52 **Certaines couvertures végétales peuvent constituer des milieux favorables pour le développement de rongeurs. Ils peuvent causer d'importants dégâts et «polluer» le sol en remontant au dessus de la couverture végétale des graines d'adventices. Il est important de surveiller le développement de leur population, et de les contrôler si leurs prédateurs naturels (serpents, rapaces, sangliers, etc.) ne se développent pas en nombre suffisant pour maintenir leur population à un niveau acceptable.**
Illustration : Piège à rat traditionnel. Nan, Thaïlande.

53 Faux ! Le semis direct nécessite de restituer au sol une quantité de biomasse suffisante pour accroître ou au moins maintenir le niveau de matière organique du sol à un niveau jugé satisfaisant. Il est donc possible d'exporter pour les animaux une partie de la biomasse quand elle a été produite en très forte quantité (ce que l'amélioration du sol par les systèmes en semis direct permet rapidement quand ils sont bien gérés). Les possibilités d'exportation pour les animaux peuvent donc être faibles les premières années, mais devenir rapidement importantes une fois les sols améliorés et la production totale augmentée.
Illustration : Pâture de Brachiaria humidicola *par les zébus. Sud-Est de Madagascar.*

54 **Le semis direct recrée et entretient des conditions très favorables au développement de l'activité biologique : milieu non perturbé, températures tamponnées, bonne aération du sol, conservation de l'humidité, substrat énergétique abondant, etc. L'activité biologique très active dans un sol vivant contribue largement à la fertilité du sol.**
Illustration : Motte de terre d'un sol vivant, conduit en semis direct sous couverture végétale.

55 Vrai ! La microflore du sol, avec la macrofaune, sont indispensables à la minéralisation dont sont issus les éléments nutritifs. De plus, la microflore permet d'augmenter fortement les surfaces explorées (les racines sont reliées aux mycorhizes qui ont une surface d'échange très importante). Les micro-organismes modifient aussi l'environnement (pH et potentiel rédox) au niveau des racines, ce qui contribue à augmenter la solubilité des éléments nutritifs. Enfin, la fixation de l'azote atmosphérique de l'air se fait par des bactéries, symbiotiques chez les légumineuses mais aussi libres comme dans le cas de l'éleusine. Les plantes retirent un tel bénéfice de l'activité de la microflore qu'elles peuvent «relâcher» par leurs racines (exsudats) jusqu'à plus de 30 % de leur production, ce qui permet d'alimenter cette microflore utile. Elles sont également capables, par leurs exsudats, de favoriser sélectivement les populations de microbes qui leur sont nécessaires. Le riz par exemple peut, dans certaines conditions, favoriser par ses exsudats racinaires le développement de populations de bactéries capables de solubiliser le phosphore.
*Illustration : Racines, d'*Eleusine coracana *avec une gangue épaisse, lieu d'une très forte activité biologique, stimulée par les exsudats racinaires. Sud-Ouest de Madagascar.*

56 Vrai ! Les colonies de bactéries et les mycéliums des champignons (notamment ceux de la famille des basidiomycètes) jouent un rôle fondamental dans la formation et la stabilisation des micro-agrégats et des macro-agrégats, tout comme la macrofaune qui par le fractionnement de la matière organique fraîche, le brassage des horizons du sol (bioturbation) et la formation de structures biogéniques (boulettes des fourmis, turricules des vers de terre, etc.), a un impact sur la structure et la dynamique de la matière organique du sol.
Illustration : Mycéliums stabilisant un macro-agrégat.

57 Vrai ! Outre son impact sur l'alimentation des plantes (et en conséquence sur leur santé), la microflore du sol, quand elle

est active, produit toute une série de substances qui renforcent la santé des plantes : antibiotiques naturels produits par les champignons, hormones de croissance, éliciteurs (qui renforcent les défenses immunitaires naturelles). De plus, certains microbes et nématodes colonisent et détruisent les propagules de pathogènes. Les systèmes conventionnels, défavorables à l'activité biologique du sol privent donc les plantes de ces défenses naturelles (en plus de leur apporter une alimentation irrégulière et déséquilibrée).
Illustration : Forte activité biologique (mycorhizes en particulier) stimulée par les racines de Brachiaria brizantha.

58 **Dans les années de transition des systèmes conventionnels vers le semis direct, la tentation est souvent forte de recourir au labour quand un obstacle qu'on ne sait pas lever autrement se présente (couverture insuffisante, rats, etc.). La reprise du travail du sol fait cependant perdre très rapidement les acquis des années de semis direct (matière organique, structure, activité biologique, etc.) et il faut absolument essayer de lever ces contraintes sans avoir recours au labour, ce qui est très possible avec un peu de savoir-faire à acquérir car il diffère du savoir-faire de l'agriculture conventionnelle.**
Illustration : Labour en traction attelée sur les hautes terres malgaches.

59 **Des plantes mal nourries, alimentées irrégulièrement et de manière déséquilibrée, ont une physiologie perturbée. La synthèse des protéines en particulier fonctionne mal, ce qui conduit à l'accumulation dans les tissus de la plante de sucres réducteurs, d'acides aminés libres et d'azote minéral. Ces molécules sont la base de l'alimentation des insectes, champignons bactéries et virus qui, quand ils les ont à leur disposition, se développent mieux et plus rapidement. A forte concentration, ces éléments solubles rendent les plantes sensibles aux attaques, alors que les bio-agresseurs se développent peu sur des plantes qui ne contiennent que peu de ces éléments fondamentaux pour leur alimentation. Une alimentation équilibrée et régulière (y compris en eau et oligo-éléments) qui permet un bon fonctionnement physiologique de la plante contribue donc fortement à sa santé. Outre l'alimentation, les facteurs perturbant la synthèse des protéines et fragilisant les plantes sont les apports de fertilisation minérale déséquilibrés (forts apports d'azote et manque de potasse en particulier) et surtout l'agression des plantes par les pesticides (insecticides, fongicides et herbicides, même «sélectifs»).**
Illustration : Plants de riz très sains, bien alimentés sur une couverture après maïs + dolique. Lac Alaotra, Madagascar.

60 Vrai ! La construction de systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente repose sur le choix des associations et successions de plantes. Les plantes sont choisies pour leur aptitude à remplir des fonctions agronomiques, et associées afin de lever en priorité les contraintes majeures. Parmi les différentes plantes aptes à remplir les fonctions recherchées, on choisit celles qui peuvent être associées et gérées facilement dans les conditions spécifiques de la parcelle (climat, sol, contraintes de l'exploitation, etc.) et produisent une forte biomasse.
Illustration : Association Maïs + Eleusine coracana + Cajanus cajan. *Sud-Ouest de Madagascar.*

61 Faux ! En culture manuelle, le semis direct peut se faire sans aucun équipement. Un simple bâton suffit au semis dans la couverture végétale, et éventuellement un pulvérisateur. De plus, les temps de travaux sont fortement réduits (pas de travail du sol, peu de désherbage, etc.). En culture mécanisée, le seul investissement nécessaire est un semoir conçu pour le semis direct, alors que les besoins en force de traction sont fortement réduits (ce qui entraîne un investissement moindre et un amortissement sur une plus longue période car le matériel s'use peu) et que la charrue n'est plus nécessaire.
Illustration : Riz pluvial en rotation avec Maïs + dolique en semis direct. Lac Alaotra, Madagascar.

62 Faux ! Certains systèmes à forte production de biomasse permettent une transition rapide vers les systèmes en semis direct, avec un effet très positif dès la première année dans certains cas (même si l'ensemble des fonctions agronomiques ne seront remplies de façon optimale qu'après quelques années). C'est le cas par exemple de l'association manioc + brachiaria ou stylosanthes, du simple paillage du pois de terre ou encore de la production de pomme de terre après écobuage. Le risque dépend essentiellement du niveau d'investissement consenti (qui peut être modulé, sachant que les systèmes intensifs, les plus risqués et qui permettent une production de biomasse importante et rapide, sont ceux pour lesquels la transition est la plus courte). La minimisation des risques passe avant tout par l'apprentissage, l'acquisition d'un savoir-faire et la recherche d'informations pertinentes.
Illustration : Manioc + Stylosanthes guianensis *au Lac Alaotra, Madagascar.*

63 Pourquoi pas? Tu ne risques pas grand chose à essayer sur une petite parcelle, et tu as tant à gagner ! Assez rapidement, le semis direct permet de faire des économies très importantes (forte réduction de la consommation d'énergie en l'absence de labour, réduction des intrants avec en premier lieu la fertilisation minérale et les pesticides, etc.) et les risques sont réduits, d'autant plus que le risque climatique est aussi réduit (meilleure utilisation de l'eau dans des systèmes bien installés en semis direct). La seule chose que tu risques, c'est de te passionner pour cette nouvelle agriculture, qui demande moins de travail mais plus d'observation et d'engagement ! L'essentiel est de bien te renseigner avant. Des sites internet peuvent t'aider pour cela, avec par exemple le site du Cirad : http://agroecologie.cirad.fr
Illustration du fond : Couverture du sol par des pailles d'avoine.

Conception du jeu : Olivier Husson, Rakotondramanana, Lucien Séguy, Laetitia Gibouin

Réalisation : Olivier Husson

Crédits photos: Toutes les photos sont de Olivier Husson (CIRAD/GSDM) sauf :

1 : Roger Michellon (CIRAD/TAFA) ; 3 : Philippe Grandjean (CIRAD) ; 4 : Herizo Andriamalala (BRL Madagascar) ;

6, 8, 9 : Narcisse Moussa (TAFA) ; 17, 23 : Christian Rakotoarinivo (TAFA) ; 58 : Lalao Rachel Rabenilalana (TAFA).

Février 2010

Le jeu de l'oie des SCV



Catalogue des variétés de riz



Annexe 7

Variétés de riz proposées à Madagascar en Semis direct sur couverture végétale permanente et dans les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau

William Andriamasinoro, Claude Chabaud, François-Xavier Chabaud, Olivier Husson, Serge Bouzinac, Lucien Séguy

Décembre 2007

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT
GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar
afd AGENCE FRANÇAISE
FFEM
Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche

Catalogue des variétés de riz

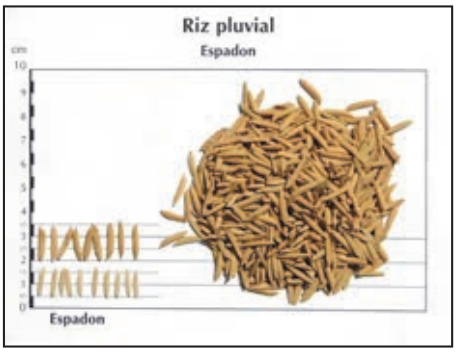


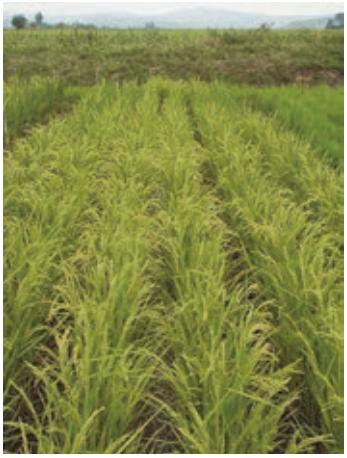
CATALOGUE DES VARIETES DE RIZ PROPOSEES A MADAGASCAR EN SEMIS DIRECT SUR COUVERTURE VEGETALE PERMANENTE ET RIZIERES A MAUVAISE MAITRISE DE L'EAU



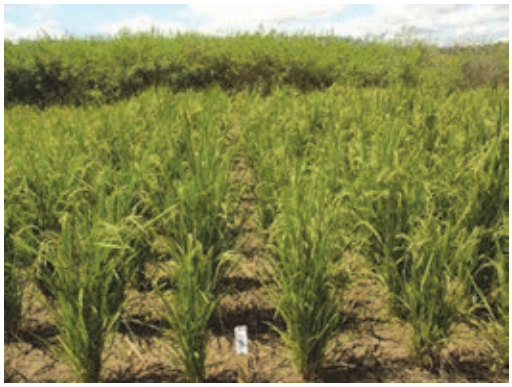
Sebota 67







Sebota 68



J 953



Sebota 337

William Andriamasinoro, Claude Chabaud, François-Xavier Chabaud, Olivier Husson, Serge Bouzinac, Lucien Séguy

2007

Dans le cadre de l'accord de transfert de matériel par les obtenteurs des variétés SEBOTA, SD Mad associé avec AndriKo ont été chargés de constituer une collection généalogique et des collections testées dans diverses régions d'intervention à Madagascar.

Le GSDM a accepté pour cette première année la prise en charge de ces collections.

Il a été ajouté de nouvelles variétés qui n'étaient pas dans les collections mises en place en 2006 – 2007, mais qui sont particulièrement adaptées à certaines conditions de culture (par exemple les variétés 1285 et FOFIFA 159 pour les rizières à mauvaise maîtrise d'eau des hautes terres, ainsi que plusieurs variétés adaptées aux sols tourbeux pour les marais drainés de la côte Est ; ces variétés seront introduites dans les collections de l'année 2007 – 2008.

Ce catalogue reprend le rapport final de cette opération. Il présente les différentes variétés et récapitule les résultats obtenus dans les divers sites : au Lac Alaotra, pour les collections généalogiques, et les collections testées en irrigué, sur tanety et sur baibohos, à Fianarantsoa en irrigué, à Manakara en irrigué et sur baibohos sous forme de catalogue de variétés.

Les photos ont été réalisées par Olivier Husson.

SOMMAIRE

SOMMAIRE 1
1 La variété SEBOTA 1 7
1.1 Informations diverses 7
1.2 Principales caractéristiques. 7
1.3 Collections testées 7
Au Lac Alaotra 8
1.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 8
1.3.2 A Manakara 8
2 La variété SEBOTA 28 9
2.1 Informations diverses 9
2.2 Principales caractéristiques. 9
2.3 Collections testées 9
Au Lac Alaotra 9
3 La variété SEBOTA 33 10
3.1 Informations diverses 10
3.2 Principales caractéristiques. 10
3.3 Collections testées 10
Au Lac Alaotra 10
4 La variété SEBOTA 41 12
4.1 Informations diverses 12
4.2 Principales caractéristiques. 12
4.3 Collections testées 12
Au Lac Alaotra 13
4.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 13
4.3.2 A Manakara 13
5 La variété SEBOTA 48 14
5.1 Informations diverses 14
5.2 Principales caractéristiques. 14
5.3 Collections testées 14
Au Lac Alaotra 15
5.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 15
5.3.2 A Manakara 15
6 La variété SEBOTA 53 16
6.1 Informations diverses 16
6.2 Principales caractéristiques. 16
6.3 Collections testées 16
Au Lac Alaotra 17
7 La variété SEBOTA 63 18
7.1 Informations diverses 18
7.2 Principales caractéristiques. 18
7.3 Collections testées 18
Au Lac Alaotra 19
7.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 19
7.3.2 A Manakara 19
8 La variété SEBOTA 65 20
9 La variété SEBOTA 67 21
9.1 Informations diverses 21

9.2 Principales caractéristiques. 21
9.3 Collections testées 21
Au Lac Alaotra 22
9.3.1 A Manakara 22
10 La variété SEBOTA 68 23
10.1 Informations diverses 23
10.2 Principales caractéristiques. 24
10.3 Collections testées 24
Au Lac Alaotra 24
10.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 24
10.3.2 A Manakara 24
11 La variété SEBOTA 69 26
11.1 Informations diverses 26
11.2 Principales caractéristiques. 27
11.3 Collections testées 27
Au Lac Alaotra 27
11.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 27
11.3.2 A Manakara 27
12 La variété SEBOTA 70 29
12.1 Informations diverses 29
12.2 Principales caractéristiques. 29
12.3 Collections testées 29
Au Lac Alaotra 30
12.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 30
12.3.2 A Manakara 30
13 La variété SEBOTA 87 31
13.1 Informations diverses 31
13.2 Principales caractéristiques. 31
13.3 Collections testées 32
Au Lac Alaotra 32
13.3.1 A Manakara 32
14 La variété SEBOTA 89 33
14.1 Informations diverses 33
14.2 Principales caractéristiques. 33
14.3 Collections testées 34
Au Lac Alaotra 34
14.3.1 A Manakara 34
15 La variété SEBOTA 93 35
15.1 Informations diverses 35
15.2 Principales caractéristiques. 35
15.3 Collections testées 36
Au Lac Alaotra 36
15.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 36
15.3.2 A Manakara 36
16 La variété SEBOTA 94 37
16.1 Informations diverses 37
16.2 Principales caractéristiques. 37
Collections testées 38
Au Lac Alaotra 38
16.2.1 A Manakara 38

17 La variété SEBOTA 101 39
17.1 Informations diverses 39
17.2 Principales caractéristiques. 39
17.3 Collections testées 39
Au Lac Alaotra 40
17.3.1 A Manakara 40
18 La variété SEBOTA 133 41
18.1 Informations diverses 41
18.2 Principales caractéristiques. 41
18.3 Collections testées 42
Au Lac Alaotra 42
18.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 42
18.3.2 A Manakara 42
19 La variété SEBOTA 134 43
19.1 Informations diverses 43
19.2 Principales caractéristiques. 43
19.3 Collections testées 44
Au Lac Alaotra 44
19.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 44
19.3.2 A Manakara 44
20 La variété SEBOTA 147 45
20.1 Informations diverses 45
20.2 Principales caractéristiques. 45
20.3 Collections testées 46
Au Lac Alaotra 46
20.3.1 A Manakara 46
21 La variété SEBOTA 172 47
21.1 Informations diverses 47
21.2 Principales caractéristiques. 47
21.3 Collections testées 48
Au Lac Alaotra 48
21.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 48
21.3.2 A Manakara 48
22 La variété SEBOTA 175 49
22.1 Informations diverses 49
22.2 Principales caractéristiques. 49
22.3 Collections testées 50
Au Lac Alaotra 50
22.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 50
22.3.2 A Manakara 50
23 La variété SEBOTA 182 51
23.1 Informations diverses 51
23.2 Principales caractéristiques. 51
23.3 Collections testées 52
Au Lac Alaotra 52
23.3.1 A Manakara 52
24 La variété SEBOTA 200 53
24.1 Informations diverses 53
24.2 Principales caractéristiques. 53
24.3 Collections testées 53

Au Lac Alaotra 54
25 La variété SEBOTA 224 55
25.1 Informations diverses 55
25.2 Principales caractéristiques. 55
25.3 Collections testées 56
Au Lac Alaotra 56
25.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 56
25.3.2 A Manakara 56
26 La variété SEBOTA 225 57
26.1 Informations diverses 57
26.2 Principales caractéristiques. 57
26.3 Collections testées 58
Au Lac Alaotra 58
26.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 58
26.3.2 A Manakara 58
27 La variété SEBOTA 252 59
27.1 Informations diverses 59
27.2 Principales caractéristiques. 59
27.3 Collections testées 59
Au Lac Alaotra 60
28 La variété SEBOTA 254 61
28.1 Informations diverses 61
28.2 Principales caractéristiques. 61
28.3 Collections testées 62
Au Lac Alaotra 62
28.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 62
28.3.2 A Manakara 62
29 La variété SEBOTA 265 63
29.1 Informations diverses 63
29.2 Principales caractéristiques. 63
29.3 Collections testées 64
Au Lac Alaotra 64
29.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 64
29.3.2 A Manakara 64
30 La variété SEBOTA 281 65
30.1 Informations diverses 65
30.2 Principales caractéristiques. 65
30.3 Collections testées 66
Au Lac Alaotra 66
30.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m) 66
30.3.2 A Manakara 66
31 La variété SEBOTA 337 67
31.1 Informations diverses 67
31.2 Principales caractéristiques. 67
31.3 Collections testées 68
Au Lac Alaotra 68
31.3.1 A Manakara 68
32 La variété SUCUPIRA 69
32.1 Informations diverses 69
32.2 Principales caractéristiques. 69

32.3 Collections testées 70
Au Lac Alaotra 70
32.3.1 A Manakara 70
33 La variété SASANISHIKI 71
33.1 Informations diverses 71
33.2 Principales caractéristiques. 72
33.3 Collections testées 72
Au Lac Alaotra 72
33.3.1 A Manakara 72
34 La variété J 951 73
34.1 Informations diverses 73
34.2 Principales caractéristiques. 73
34.3 Collections testées 74
Au Lac Alaotra 74
34.3.1 A Manakara 74
35 La variété J 953 75
35.1 Informations diverses 75
35.2 Principales caractéristiques. 75
35.3 Collections testées 76
Au Lac Alaotra 76
35.3.1 A Manakara 76
36 La variété FEDEARROZ 50 77
36.1 Principales caractéristiques 77
37 La variété B 22 78
37.1 Principales caractéristiques 78
37.2 Collections testées 79
38 La variété FOFIFA 154 80
38.1 Principales caractéristiques 81
38.2 Collections testées 81
39 La variété Primavera 82
39.1 Principales caractéristiques 82
39.2 Collections testées 83
Au Lac Alaotra 83
39.2.1 A Manakara 83
40 La variété CIRAD 141 84
40.1 Principales caractéristiques 84
40.2 Collections testées 85
41 La variété Espadon 86
41.1 Principales caractéristiques 87
41.2 Collections testées 87
42 La variété FOFIFA 159 88
42.1 Fiche d'origine FOFIFA – CIRAD 88
42.2 CARACTERES AGRONOMIQUES 88
42.3 Caractéristiques relevées au Lac Alaotra 89
42.4 Collections testées 89
Au Lac Alaotra 90
43 La variété FOFIFA 167 91
43.1 Principales caractéristiques 91
43.2 Collections testées 91
Au Lac Alaotra 92

43.2.1 A Manakara 92
44 La variété FOFIFA 168 93
44.1 Principales caractéristiques 93
45 La variété 1285 (Rojofotsy) 94
45.1 Principales caractéristiques 94
46 La variété X 265 95
46.1 Principales caractéristiques 95
47 La variété Rojomena (1637) 97
47.1 Principales caractéristiques 97
48 La variété MK 34 Makalioka (ADK 2) 98
48.1 Principales caractéristiques 98
49 La variété IR 64 (ADK 3) 99
49.1 Principales caractéristiques 99
50 La variété X 235 (ADK 5) 100
50.1 Principales caractéristiques 100
51 La variété 1300 (ADK 8) 101
51.1 Principales caractéristiques 101
52 La variété Botamena (ADK 10) 102
52.1 Caractéristiques principales 102
52.2 Collections testées. 102
52.3 Utilisations possibles 102
53 La variété 2787 (ADK 11) 103
53.1 Principales caractéristiques 103
54 La variété 4012 (ADK 12) 104
54.1 Principales caractéristiques 104
55 La variété 3308 (ADK 13) 105
55.1 Principales caractéristiques 105
56 La variété ANGOFO (ADK 15) 106
56.1 Principales caractéristiques 106
57 La variété ANGOME (ADK 16) 107
57.1 Principales caractéristiques 107
58 La variété DOMBOLO (ADK 18) 108
58.1 Principales caractéristiques 108
59 La variété SAMBAVY (ADK 21) 109
59.1 Principales caractéristiques 109
60 La variété VAZIMBA (ADK 22) 110
60.1 Principales caractéristiques 110
61 La variété MIHARY (ADK 23) 111
61.1 Principales caractéristiques 111

1 La variété SEBOTA 1



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

1.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain fin, parfumé.
Usinage : rendement à l'usinage 52%.
Couleur vert clair, même quand on lui rajoute de l'azote (déficience en chlorophylle).
Ses feuilles en éventail couvrent rapidement la parcelle (30 à 40 jours), ce qui réduit la pousse des mauvaises herbes.
Cycle de 125 jours en saison au Lac Alaotra, (120 jours observées en saison 2006-2007) 110 à 115 en saison à Manakara. Potentiel de rendement 6 t/ha

1.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 01
Aspect Général	Cycle (jours) au Lac	120 en saison
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert claire
	Pilosité de la feuille	extremité pileux
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	aromatique
Panicule	Port de la panicule	semi-erigé
	Port de la feuille paniculaire	semi-dressé 45°
	Forme de la panicule	lâche
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	9,85
	Largeur (l)	2,16
	Epaisseur (e)	1,95
	Poid de 1000 grains	27
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,56
	Rapport2=L/e	5,05

1.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,34 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 74.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage (38 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,71 t/ha en F0 (sans apport) et 2,62 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

1.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle moyen (50 % d'épiaison à 102 jours).

14 talles par pied, rendement à 40*40 cm : 2,0 t/ha.

1.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Début de floraison à 63 jours, cycle 87 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,26 t/ha.

Commentaires : Bon développement de la plante, mais problème de dégainage. S'égraine facilement, ce qui entraîne des pertes à la récolte…

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

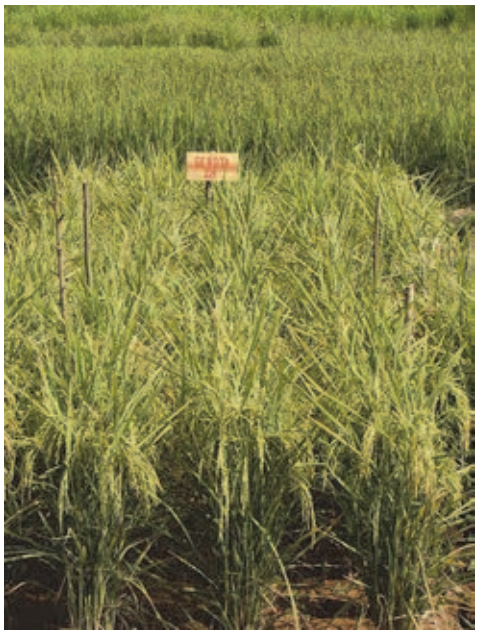
Semis tardif (05 février), début floraison le 20 avril, cycle 101 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 23.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,06 t/ha (66 % des tiges attaquées par des borers, 39 % de grains vides).

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles) ; stress hydrique avant la montaison, grains vides.

2 La variété SEBOTA 28



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

2.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain parfumé.
Cycle de 125 jours en saison au Lac Alaotra, (120 jours observées en saison 2006-2007) 110 à 115 en saison à Manakara. Potentiel de rendement 6 t/ha

2.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 28
Aspect Général	Cycle (jours)	118
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert claire
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-errigé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé 45°
	Forme de la panicule	lâche
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	12,18
	Largeur (l)	2,13
	Epaisseur (e)	1,88
	Poid de 1000 grain	31
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	5,72
	Rapport2=L/e	6,48

2.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra.

Au Lac Alaotra
Cycle : 118 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,58 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 71.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage (37 talles en moyenne), mais n'a pas pu être récolté. Cette variété qui a des problèmes depuis plusieurs campagnes, est abandonnée.

3 La variété SEBOTA 33



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2001.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

3.1 Informations diverses

Non photosensible.
L'une des plus anciennes en diffusion, avec les SEBOTA 41 et 65.
Cette variété dégaine mal, ce qui la rend plus sensible aux attaques de pyriculariose.
Cycle 125 jours au Lac en saison chaude.
Conservée en collection, mais elle n'est plus diffusée…

3.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 33
Aspect Général	Cycle (jours)	118
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert claire
	Pilosité de la feuille	extremité pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-errigé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé 45°
	Forme de la panicule	lâche
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	9,34
	Largeur (l)	2,31
	Epaisseur (e)	1,94
	Poid de 1000 grain	25
	Couleur du grain	jaune/pointe rouge
	Rapport1=L/l	4,04
	Rapport2=L/e	4,81

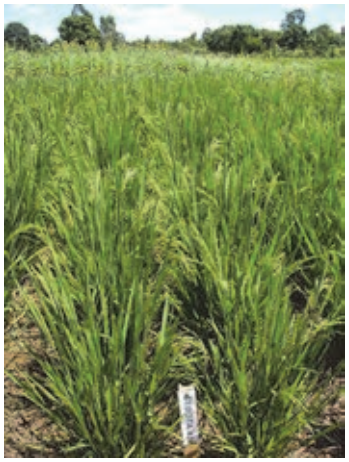
3.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra.

<u>Au Lac Alaotra</u>
Cycle : 118 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,36 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 75.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 56 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (31 talles en moyenne), avec un rendement de 2,57 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,97 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

4 La variété SEBOTA 41



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation BSL 2000.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

4.1 Informations diverses

Non photosensible.
La variété la plus diffusée jusqu'à présent dans plusieurs régions de Madagascar. Potentiel de rendement 12 T/ha.
Problème de dégainage, ce qui pourrait favoriser des attaques de pyriculariose ; mais en 2006, toutes les parcelles de SEBOTA 41 étaient saines, alors que les parcelles voisines de MK 34 étaient infestées par la pyriculariose.
Cycle : au lac en saison 130 jours.

4.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 41
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert claire
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-errigé
	Port de la feuille panicula	dressé 90°
	Forme de la panicule	lâche
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	bec d'oiseau
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	8,99
	Largeur (l)	2,38
	Epaisseur (e)	2,05
	Poid de 1000 grain	26
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	3,78
	Rapport2=L/e	4,39

4.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 130 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,72 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 71.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 47 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (33 talles en moyenne), avec un rendement de 3,27 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,13 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

4.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle assez long (20 % d'épiaison à 102 jours).

29 talles fertiles par pied, rendement 3,0 t/ha à 40*40

4.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Début de floraison à 81 jours, cycle 107 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,13 t/ha.

Commentaires : Bon développement de la plante, mais problème de dégainage. Tâches brunes sur les feuilles en partie.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Semis tardif (05 février), début floraison à 84 jours, cycle 105 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 23.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 0,76 t/ha (attaques de borers, grains vides).

Commentaires : Bonne végétation, mais attaque de rynchosporiose dés la montaison ; moins de grains et mauvais remplissage, beaucoup de tâches sur feuilles et grains, beaucoup de grains vides.

5 La variété SEBOTA 48



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2006.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

5.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cycle : estimé à 120 jours en saison 2006/2007 au Lac Alaotra.
Potentiel de rendement 12 T/ha. Reconnaissable par sa couleur de panicule jaune.
Bons résultats sans fertilisation minérale, peu de différences entre F0 et F1.
Variété très puissante en irrigué.

5.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 48
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	lisse, bord pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	lâche,même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,11
	Largeur (l)	2,28
	Epaisseur (e)	1,85
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,43
	Rapport2=L/e	5,46

5.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 7,88 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 82.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 62 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (29 talles en moyenne), avec un rendement de 2,71 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,53 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

5.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle court (80 % d'épiaison à 102 jours).

17 talles fertiles par pied, rendement estimé 2,0 t/ha

5.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Début de floraison à 61 jours, cycle 86 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,89 t/ha.

Commentaires : Bon développement de la plante, bon dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Semis tardif (05 février), début floraison le 16 avril, cycle 102 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 22.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,15 t/ha (31 % seulement des tiges attaquées par des borers, 9 % de grains vides). C'est l'une des variétés qui a le mieux résisté aux attaques d'insectes et de maladies…

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation, malgré un peu de rynchosporiose dés la montaison.

6 La variété SEBOTA 53



Variété à port en éventail.

Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

6.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cycle : cycle court estimé à 110 jours en saison 2006/2007 au Lac Alaotra.
Un des plus beaux de la collection généalogique.

6.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 53
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	lâche,même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9,75
	Largeur (l)	2,48
	Epaisseur (e)	2,01
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	3,93
	Rapport2=L/e	4,85

6.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra.

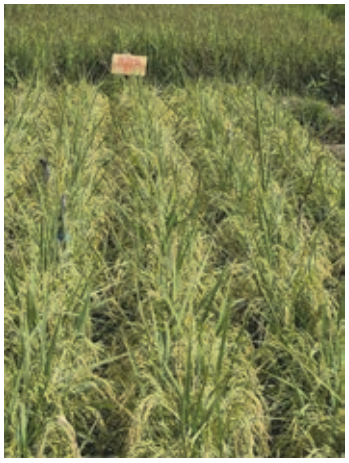
Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,45 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 157.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (31 talles en moyenne), avec un rendement de 2,76 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,20 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

7 La variété SEBOTA 63



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2006.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

7.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
Cycle : en saison à Manakara 105 à 110 jours. Il a un cycle plus long sur la collection irriguée au lac Alaotra (125 jours)
Sensible à une carence en potasse. Parmi les plus beaux observés sur la collection en irriguée au lac Alaotra en 2006/2007. Très puissant en tallage. Variété à port érigé donc à serrer l'écartement pour atteindre niveau de rendement élevé.

7.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 63
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	semi érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	dressé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	lâche,en étage
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	10,65
	Largeur (l)	2,13
	Epaisseur (e)	1,88
	Poid de 1000 grain	23
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	5,00
	Rapport2=L/e	5,66

7.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 125 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 8,25 t/ha (la meilleure production de toute la collection), avec un nombre moyen de grains par panicule de 95.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (29 talles en moyenne), avec un rendement de 3,0 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,42 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

7.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Hauteur maximale de plants : 74 cm.
Cycle long (15 % d'épiaison à 102 jours).
17 épis fertiles par touffe, rendement estimé 6 t/ha.

7.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Cycle 88 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,82 t/ha.
Commentaires : Bon développement de la plante, bon dégainage. Quelques tâches sur les feuilles…

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 26 avril, cycle 114 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 34.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,25 t/ha (83 % des tiges attaquées par des borers, 11 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; insuffisance de pluie à la floraison.

8 La variété SEBOTA 65

C’est une des variétés SEBOTA la plus cultivée, en particulier au Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l’appellation YM 65.
Dans la collection généalogique, ce n’est pas le 65 mais un 69 précoce, qu’on appellera 69-1.

De ce fait, il n’a pas été porté d’observation sur cette variété jusqu’à réintroduction de semences pures.

9 La variété SEBOTA 67



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2006.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

9.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cycle : plus long que SEBOTA 52, très puissant en tallage. Il a un port érigé. Plus apprécié par les insectes qui coupe l'étamine bloquant le remplissage des grains à la floraison

9.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 67
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	75
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-dressé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	ouvert même niveau
	Degainage	moyen
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	11,2
	Largeur (l)	2,05
	Epaisseur (e)	1,89
	Poid de 1000 grain	26
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	5,46
	Rapport2=L/e	5,93

9.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,28 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 92.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 62 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (29 talles en moyenne), avec un rendement de 3,14 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,34 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

9.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Cycle 113 jours.

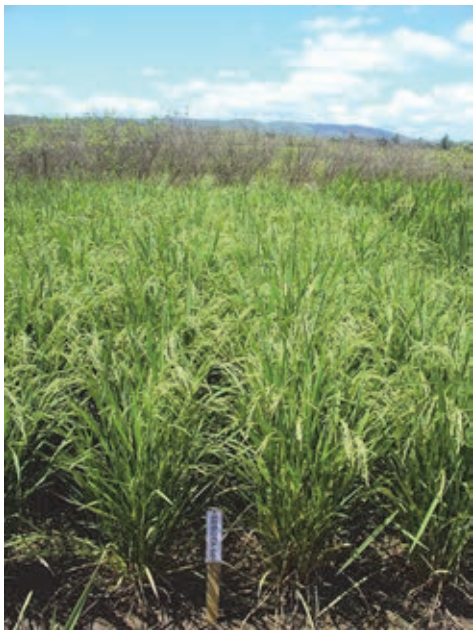
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 39.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,50 t/ha (93 % des tiges attaquées par des borers, 18 % de grains vides).

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles) ; panicules blanches.

eurs campagnes, est abandonnée.

10 La variété SEBOTA 68



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

10.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : mi-long, fin. Colle un peu à la cuisson (surtout dans les deux premiers mois suivant la récolte).
Cycle : en saison au Lac : 110 jours, à Manakara 100 jours.
Le plus productif des 3 (68, 69 et 70), mais il est plus sensible à la fertilisation minérale que les deux autres variétés de la série.
Avant la récolte, reconnaissable à la répartition des épis (coiffure avec raie au milieu).

Cette variété est la plus demandée au Lac Alaotra, en particulier en pluvial sur baibohos, où les paysans ont obtenu des rendements à l'ha proches de 8 t.



10.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 68
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	ouvert même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9,59
	Largeur (l)	2,37
	Epaisseur (e)	2,04
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,05
	Rapport2=L/e	4,70

10.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,13 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 85.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 53 % (alors que la 69 ne l'était qu'à 12 % et la 70 à 28 %).

En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1(27 talles en moyenne), avec un rendement de 3,25 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,55 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

10.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle court (90 % d'épiaison à 102 jours).

Rendement : 6,0 t/ha.

10.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

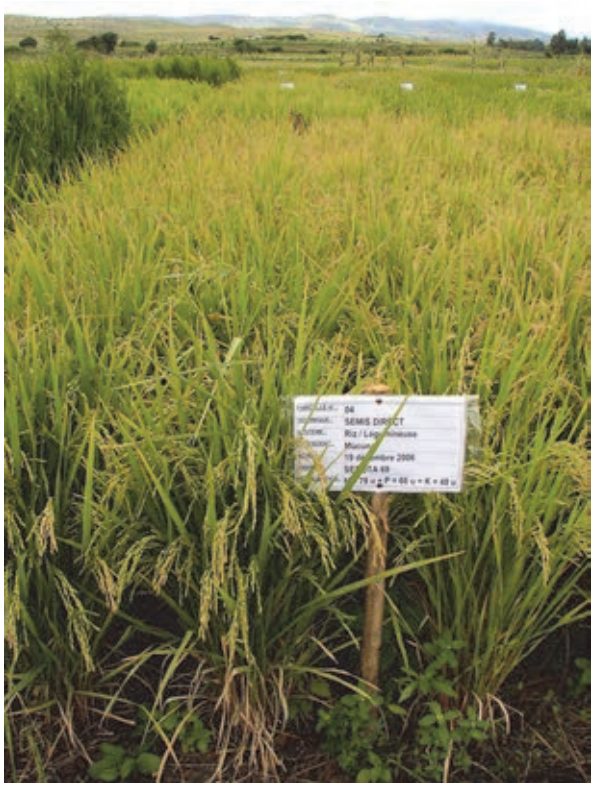
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Début de floraison à 61 jours, cycle 87 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 4,17 t/ha (le meilleur de la collection ex-aequo avec le SEBOTA 69) .
Commentaires : Bon développement de la plante, quelques problèmes de dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 14 avril, cycle 95 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied très élevé : 44.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,28 t/ha, le meilleur de la collection (43 % des tiges attaquées par des borers, 18 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation.

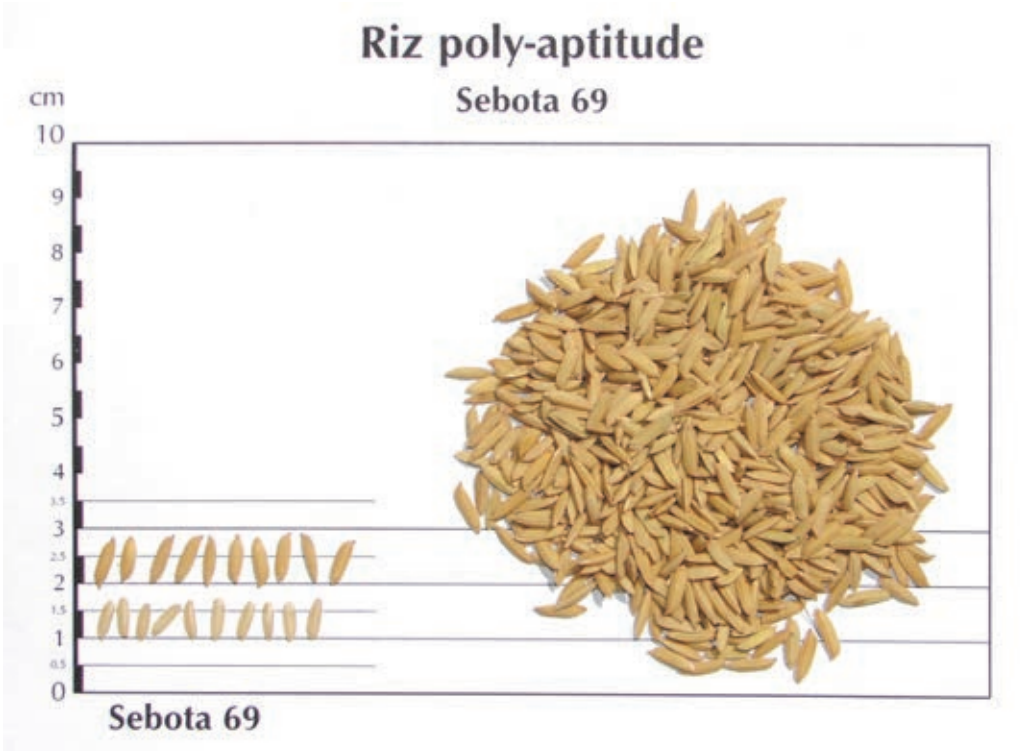
11 La variété SEBOTA 69



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2005.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

11.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : mi-long, fin. Reste détaché à la cuisson.
Pied rouge.
Cycle : 110 jours en saison au Lac, Un autre variété plus précoce qui a des pieds rouge interverti avec le SEBOTA 65 est observé sur la collection irriguée au Lac Alaotra en saison 2006/2007 que nous avons baptisé SEBOTA 69-bis, 100 jours en saison à Manakara. Elle est moins sensible à la déficience de fertilisation minérale.



11.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 69
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	rouge
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-dressé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	ouvert même niveau
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apex rouge en faucille
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9,08
	Largeur (l)	2,42
	Epaisseur (e)	1,99
	Poid de 1000 grain	25
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	3,75
	Rapport2=L/e	4,56

11.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 7,91 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 104.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été stérile qu'à 12 %.

En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen (27 talles en moyenne), AVEC un rendement de 2,87 t/ha en F0 (sans apport) et de 2,96 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

11.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle moyen (70 % d'épiaison à 102 jours).

Rendement à 40*40 cm : 2,5 t/ha.

11.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

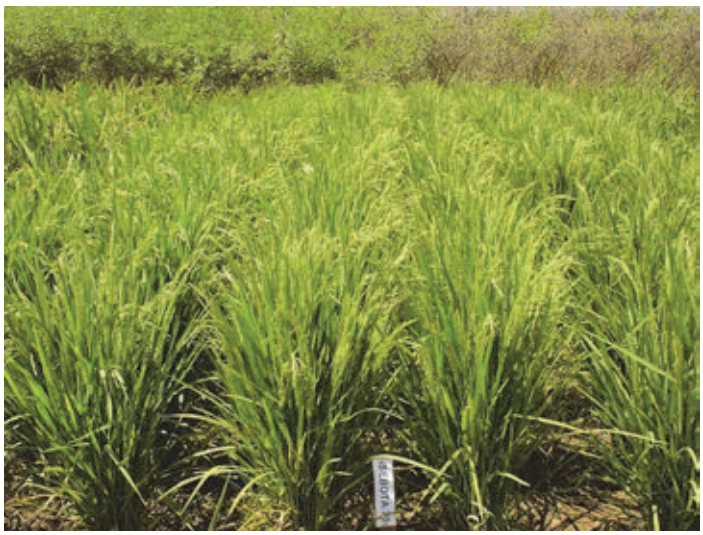
Cycle 86 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 4,17 t/ha.

Commentaires : Bon développement de la plante, mais problème de dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 20 avril, cycle 105 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,05 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; quelques problèmes de remplissage (sècheresse à la floraison).
eurs campagnes, est abandonnée.

12 La variété SEBOTA 70



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

12.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cycle : 110 jours en saison au Lac, 100 jours en saison à Manakara.
Pied rouge ou blanc. Elle est également moins sensible au manque de fertilisation minérale.

12.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 70 PB*
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	jaune claire
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	PB*=Pied Blanc
Panicule	Port de la panicule	semi-erigé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	en étage lâche
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé rouge
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9,05
	Largeur (l)	2,26
	Epaisseur (e)	1,95
	Poid de 1000 grain	22
	Couleur du grain	jaune paille,pointe n
	Rapport1=L/l	4,00
	Rapport2=L/e	4,64

12.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,62 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 94.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été stérile qu'à 28 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (33 talles en moyenne), avec un rendement de 3,48 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,98 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

12.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.

Cycle moyen à court (70 % d'épiaison à 102 jours).

Rendement : 5,0 t/ha.

12.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Début de floraison à 63 jours, cycle 87 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,16 t/ha.

Commentaires : Bon développement de la plante, assez bon dégainage. Tâches brunes sur les feuilles.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

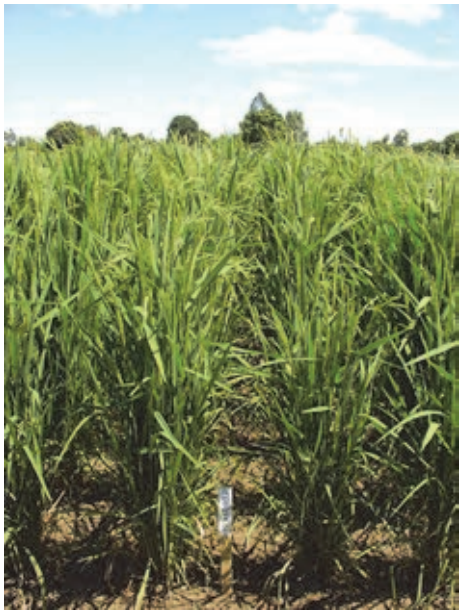
Semis tardif (05 février), début floraison le 19 avril, cycle 105 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 36.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,55 t/ha (60 % des tiges attaquées par des borers, 11 % de grains vides).

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; sécheresse au moment de la floraison.

13 La variété SEBOTA 87



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

13.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : long presque comme l'Espadon.
De préférence en pluvial. Résistant à la sécheresse.
Moins exigeant en fertilisation minérale
Taille haute (jusqu'à 1,3 m)

13.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 87
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	lisse,extremité pileux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	Riz pluvial
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau compa
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	11,29
	Largeur (l)	2,44
	Epaisseur (e)	2,01
	Poid de 1000 grain	37
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,63
	Rapport2=L/e	5,62

13.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

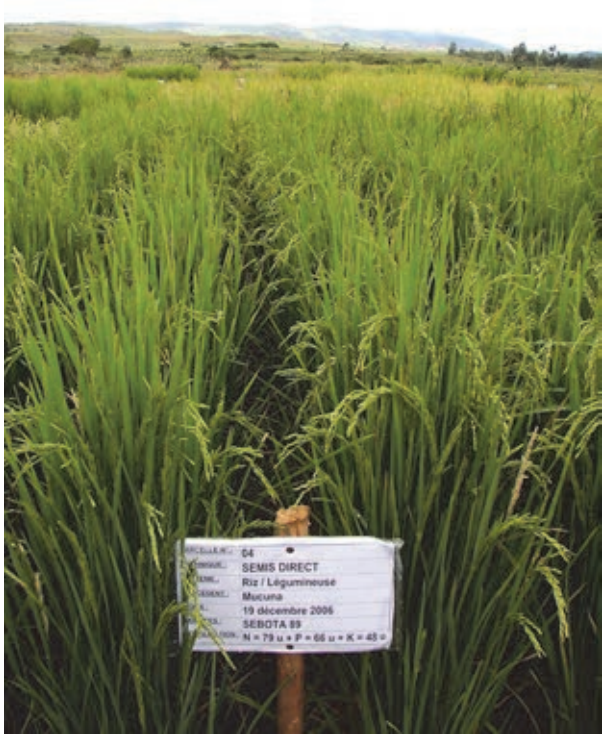
Au Lac Alaotra

Cycle : 130 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement assez faible de 3,17 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 72.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 31 %.
En collection testée irriguée, il a donné un faible tallage en F1 (20 talles en moyenne), avec un rendement de 2,71 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,01 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

13.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 26 avril, cycle 106 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 13.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,50 t/ha (70 % des tiges attaquées par des borers, 17 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; stress hydrique à la floraison, mauvais dégainage de quelques pieds.

14 La variété SEBOTA 89



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

14.1 Informations diverses

Non photosensible.
C'est un mutant du CIRAD 141, dont il conserve toutes les qualités (résistance à la sécheresse, à la pyriculariose, etc…).
Port érigé, il serait bon de le serrer pour couvrir le sol et augmenter le rendement.
Potentiel de rendement en irrigué 7 T/ha si bien drainé et avec écartement plus serré.
Cette variété est très chargée en chlorophylle (couleur vert foncé) et peu exigeante en fertilisation minérale.
Grain : mi-long, fin.
Cycle : 120 à 125 jours en saison au Lac, 110 jours en saison à Manakara.
Paille haute.
Très vert en végétation.
Usinage : très bon pourcentage de grains entiers (70 %).

14.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 89
Aspect Général	Cycle (jours)	135
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	blanc, gaine vert fon
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	90(sur Baibo 145)
	Obs	Riz pluvial
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,02
	Largeur (l)	2,48
	Epaisseur (e)	2,03
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,04
	Rapport2=L/e	4,94

14.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 135 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 4,38 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 57.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 45 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (32 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,60 t/ha en F0 (sans apport) et à 2,36 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

14.3.1 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 66 jours, cycle 93 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,60 t/ha.
Commentaires : Développement moyen de la plante. Carence en zinc. Bon dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 23 avril, cycle 123 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 25.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,65 t/ha (70 % des tiges attaquées par des borers, 13 % de grains vides).
Commentaires : tâches brune sur les feuilles.

15 La variété SEBOTA 93



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

15.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
Potentiel de rendement supérieur à 10 t/ha.
Belle feuille paniculaire pointue qui repousse les oiseaux.
Cette variété cache ses panicules.
Variété peu exigeante en fertilisation minérale

15.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 93
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	extremité pileux
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	dressé
	Port de la feuille panicula	dressé avec anti-vôl
	Forme de la panicule	retombante de deux
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	11,95
	Largeur (l)	2,8
	Epaisseur (e)	2,08
	Poid de 1000 grain	37
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,27
	Rapport2=L/e	5,75

15.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 125 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 4,14 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 80.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 90 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (29 talles en moyenne), avec un rendement de 4,90 t/ha en F0 (sans apport) et de 6,47 t/ha (le meilleur de la collection testée) pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

15.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

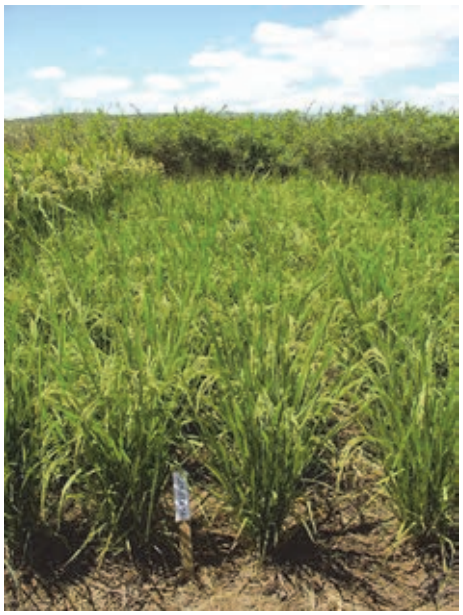
En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle court (80 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 3,5 t/ha.

15.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 63 jours, cycle 94 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,26 t/ha.
Commentaires : Tallage élevé, mais problème de dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 22 avril, cycle 105 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 26.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,43 t/ha (89 % des tiges attaquées par des borers, 25 % de grains vides).
Commentaires : Bon rendement malgré sécheresse à la floraison.

16 La variété SEBOTA 94



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation YM 94.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.
Existe en aristée et en non aristée.

16.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cycle : cycle très court (plus court que la série 68, 69, 70) estimé à 100 jours en pluvial, mais il s'est allongé un peu sur la collection irriguée. La variété non aristé est plus intéressante à garder mais la variété aristée est légèrement plus précoce.
Potentiel de rendement supérieur à 10 t/ha.
Encore en ségrégation. Sélectionner les pieds ressemblants, décomposer la variété.
A noter que le cycle de ce riz est plus court en pluvial qu'en irrigué.

16.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 94 A*	SEBOTA 94 NA*
Aspect Général	Cycle (jours)	120	115
	Port de la plante	ouvert	ouvert
	Couleur du pied	blanc	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70	70
	Obs	A*=Aristé	NA*=Non Aristé
Panicule	Port de la panicule	dressé	semi-dressé
	Port de la feuille panicula	dressé	dressé
	Forme de la panicule	retombante ouvert	retombante ouvert
	Degainage	assez-bien	assez-bien
Grain	Type	indica	indica
	Aristation	aristé	non aristé
	Apex		apiculé
	Pilosité	pileux	pileux
	Longueur (L)	10,41	12,85
	Largeur (l)	2,29	2,22
	Epaisseur (e)	2,01	2,15
	Poid de 1000 grain	34	31
	Couleur du grain	jaune claire	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,55	5,79
	Rapport2=L/e	5,18	5,98

Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,70 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 180.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 58 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage (29 talles en moyenne), avec un rendement de 3,31 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,16 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

16.2.1 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 63 jours, cycle 89 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,26 t/ha.
Commentaires : Bon développement de la plante, assez bon dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 14 avril, cycle 96 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 23.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,71 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles) ; rynchosporiose depuis la montaison.

17 La variété SEBOTA 101



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation YM 101.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

17.1 Informations diverses

Non photosensible.
Riz à port érigé. Ecartement à serrer entre 17 à 20 cm. Maturation différente observée, séparer les plus précoce
Cycle : deux cycles très différents, le plus précoce est estimé à 115 jours.

17.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 101
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	erigé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé avec ar
	Forme de la panicule	ouvert en étage
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	11
	Largeur (l)	2,09
	Epaisseur (e)	1,9
	Poid de 1000 grain	29
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,26
	Rapport2=L/e	5,79

17.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,34 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 74.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.

En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (24 talles en moyenne), avec un rendement de 2,67 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,64 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

17.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Semis tardif (05 février), début floraison le 14 avril, cycle 98 jours.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,30 t/ha.

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; carence en zinc depuis la montaison.

18 La variété SEBOTA 133



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

18.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
Cette variété passe bien en pluvial.
Poids paniculaire élevé.
Certaine sensibilité au sel (Ankililoaka 2007).
De préférence en pluvial. Problème de grains stériles sur la collection de la saison passée installée tard ; à vérifier sa sensibilité au froid. Résistant au bronzing sur sol tourbeux à toxicité ferreuse élevée.

18.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 133
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	extremité pileux
	Hauteur de la plante (cm)	95
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé 45°
	Forme de la panicule	compact même nive
	Degainage	assez-bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apex rouge en faucil
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	10,3
	Largeur (l)	2,41
	Epaisseur (e)	2,1
	Poid de 1000 grain	29
	Couleur du grain	jaune claire,pointe n
	Rapport1=L/l	4,27
	Rapport2=L/e	4,90

18.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,85 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 79.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage faible en F1 (18 talles en moyenne), avec un rendement de 1,78 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,36 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

18.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle long (40 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 1,5 t/ha.

18.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 62 jours, cycle 87 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,42 t/ha.
Commentaires : Mauvais développement de la plante, la plupart des talles stériles.

19 La variété SEBOTA 134



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

19.1 Informations diverses

Non photosensible.
Cette variété passe bien en pluvial.
Feuilles paniculaires érigées, efficace contre les oiseaux.
Certaine sensibilité au sel (Ankililoaka 2007). Feuille paniculaire pointue pour se protéger contre les oiseaux.
Ecartement à serrer un peu. De préférence en pluvial

19.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 134
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	85
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé large
	Forme de la panicule	ouvert même niveau
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique en faucille
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	10,21
	Largeur (l)	2,14
	Epaisseur (e)	1,9
	Poid de 1000 grain	22
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,77
	Rapport2=L/e	5,37

19.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,28 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 160.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 40 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (28 talles en moyenne), avec un rendement de 2,45 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,49 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

19.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle court (90 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 1,5 t/ha.

19.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 63 jours, cycle 90 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,39 t/ha.
Commentaires : Bon développement de la plante, mais problème de dégainage. S'égraine facilement, ce qui entraîne des pertes à la récolte…

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 20 avril, cycle 96 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,89 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles).

20 La variété SEBOTA 147



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2003, sous l'appellation Agronorte 147.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

20.1 Informations diverses

Non photosensible.
L'une des anciennes variétés, intéressante au départ parce qu'elle avait un cycle un peu plus court que les SEBOTA 41 et 65.
Dépassée par les nouvelles variétés, elle n'est plus diffusée…

20.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 147
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	85
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	lâche en étage
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	12,17
	Largeur (l)	2,31
	Epaisseur (e)	1,8
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,27
	Rapport2=L/e	6,76

20.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

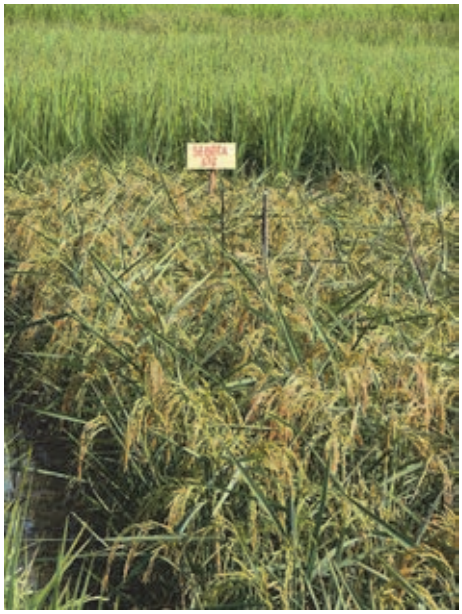
Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,40 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 78.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 52 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (28 talles en moyenne), avec un rendement de 1,38 t/ha en F0 (sans apport) et de 2,74 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

20.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 7 mai, cycle 104 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,60 t/ha.
Commentaires : Bon développement ; carence en zinc sur quelques pieds.

21 La variété SEBOTA 172



Origine Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

21.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
De préférence en culture pluviale. Reconnaissable par sa couleur de grains dorée
Cycle : court estimé à 110 jours au lac Alaotra
Riz à paille longue, à forte productivité. L'écartement à serrer un peu si on le met en irrigué
Végétation de couleur bleu-vert.

21.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 172
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	Riz Pluvial
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé en 45°
	Forme de la panicule	ouvert,même niveau
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	11,33
	Largeur (l)	2,31
	Epaisseur (e)	1,95
	Poid de 1000 grain	31
	Couleur du grain	jaune foncé
	Rapport1=L/l	4,90
	Rapport2=L/e	5,81

21.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,44 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 157.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 55 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (26 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,73 t/ha en F0 (sans apport) et à 1,80 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

21.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle court (90 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 3,5 t/ha.

21.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 59 jours, cycle 87 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,36 t/ha.
Commentaires : Tallage moyen, problème de dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 20 avril, cycle 122 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 19.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,00 t/ha (59 % des tiges attaquées par des borers, 17 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation, variété à grande taille.

22 La variété SEBOTA 175



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

22.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
De préférence en culture pluviale. Avec feuille paniculaire très pointue pour se protéger des oiseaux.
Potentiel de rendement 9 à 10 T/ha avec fumure forte.
La sous variété pileuse est plus vigoureuse que la non pileuse, c'est elle qui sera conservée.
Pas de bactériose.
Grain : parfumé.
Usinage : 60 % de grains entiers.

22.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 175
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	ouvert en étage
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,76
	Largeur (l)	2,22
	Epaisseur (e)	2,3
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,68
	Rapport2=L/e	4,85

22.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.
En collection généalique, elle a donné un rendement de 5,64 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 63.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 100 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (26 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,73 t/ha en F0 (sans apport) et 1,80 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

22.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

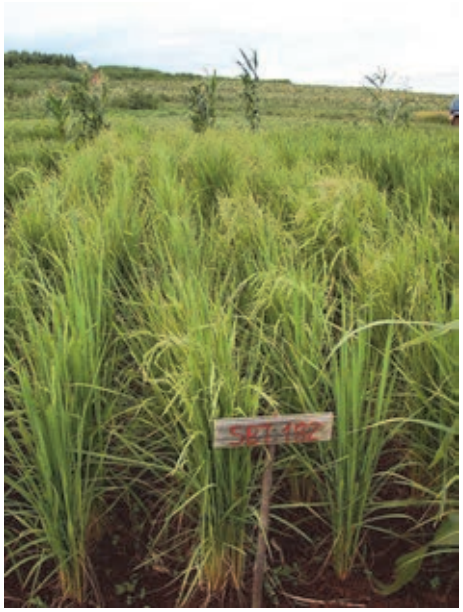
En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle assez court (70 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 1,0 t/ha.

22.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 63 jours, cycle 95 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,53 t/ha.
Commentaires : Tallage moyen, problème de dégainage.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 26 avril, cycle 122 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 27.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,31 t/ha (40 % des tiges attaquées par des borers, 21 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles).

23 La variété SEBOTA 182



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2003, sous l'appellation Agronorte 182.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

23.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : très fin.

23.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 182
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	érigé
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	lisse
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	ouvert en étage
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé pointe rouge
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	12,12
	Largeur (l)	2,31
	Epaisseur (e)	1,96
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,25
	Rapport2=L/e	6,18

23.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

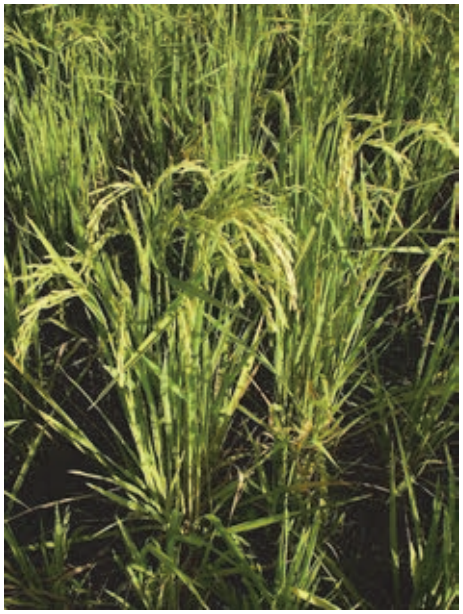
Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,57 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 70.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 50 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen (27 talles en moyenne), mais un rendement limité à 2,39 t/ha en F0 (sans apport) et 2,83 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

23.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 07 avril, cycle 105 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,85 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation.

24 La variété SEBOTA 200



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

24.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation YM 200.
Variété ancienne moins intéressante.

24.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 200
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	erigé
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	moyen
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,37
	Largeur (l)	2,12
	Epaisseur (e)	1,95
	Poid de 1000 grain	23
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,89
	Rapport2=L/e	5,32

24.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra.

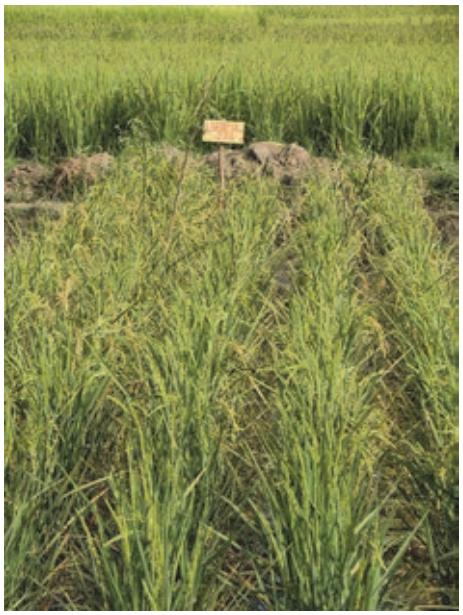
Au Lac Alaotra

Cycle : 125 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,20 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 88.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (32 talles en moyenne), avec un rendement de 3,32 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,53 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

25 La variété SEBOTA 224



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2006.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

25.1 Informations diverses

Non photosensible.
Variété de préférence cultivée en pluvial, résistant à la sécheresse.
Aussi « costaud » que le CIRAD 141 (résistance à la sécheresse et aux maladies).
Pas sensible à la bactériose mais sensible à la toxicité ferreuse. Potentiel de rendement 11 T/ha. Ecartement à serrer un peu si conduite en irrigué
Taille moyenne.
Grain : parfumé long fin, exceptionnel.
Usinage : rendement très élevé.

25.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 224
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert-foncé
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique en faucille
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,56
	Largeur (l)	2,25
	Epaisseur (e)	1,99
	Poid de 1000 grain	26
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,69
	Rapport2=L/e	5,10

25.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,24 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 76.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 39 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage faible (23 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,45 t/ha en F0 (sans apport) et 1,57 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

25.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

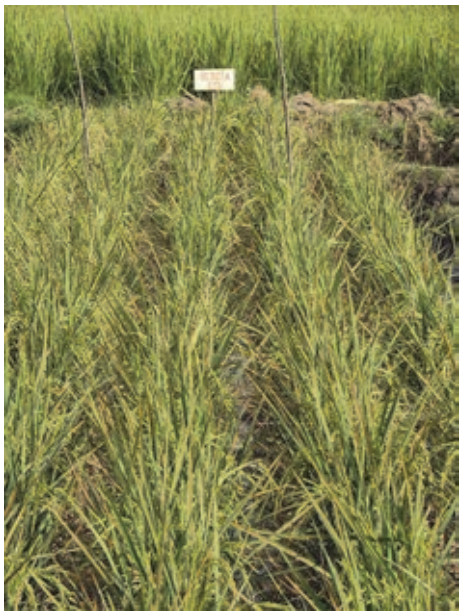
En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle très long (15 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 1,0 t/ha.

25.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 79 jours, cycle 106 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,22 t/ha.
Commentaires : Tallage moyen, carence en zinc.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 17 avril, cycle 103 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,05 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; carence en zinc, beaucoup de grains vides.

26 La variété SEBOTA 225



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

26.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
Plus adapté à la culture irriguée que le 224 ci-dessus.
Grain : parfumé long fin.

26.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 225
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	dressé
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé large (35mm
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé tâche noire
	Pilosité	pileux en faucille
	Longueur (L)	10,92
	Largeur (l)	2,29
	Epaisseur (e)	2,07
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune teinte noire
	Rapport1=L/l	4,77
	Rapport2=L/e	5,28

26.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 125 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,36 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 77.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 41 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage faible en F1 (21 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,73 t/ha en F0 (sans apport) et 2,62 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

26.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle très long (5 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 1,0 t/ha.

26.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 65 jours, cycle 91 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : à 0,69 t/ha.
Commentaires : Mauvais développement de la plante, problème de dégainage, beaucoup de talles stériles.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 30 avril, cycle 105 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 27.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,13 t/ha (52 % des tiges attaquées par des borers, 23 % de grains vides).
Commentaires : Attaque de chenilles (enroulement des feuilles).

27 La variété SEBOTA 252



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2006.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

27.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : parfumé. Grosses panicules très ramifiées.
Cycle : court. Pied attaqué par les borers et infesté par un champignon (tanateforus cucumerus) sur la collection irriguée au lac Alaotra en 2006/2007

27.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 252
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert foncé
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	erigé
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	moyen
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,15
	Largeur (l)	2,24
	Epaisseur (e)	1,58
	Poid de 1000 grain	18
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,53
	Rapport2=L/e	6,42

27.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué au Lac Alaotra.

Au Lac Alaotra

Cycle : 120 jours en saison chaude.

En collection testée irriguée, il a donné un tallage faible en F1 (20 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,23 t/ha en F0 (sans apport) et 2,35 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

28 La variété SEBOTA 254



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

28.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : parfumé et très beau grain fin avec grosse panicule
Utilisé au Brésil en riz de décrue.

28.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 254
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert foncé
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-erigé
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	mauvais
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	11,6
	Largeur (l)	2,28
	Epaisseur (e)	1,89
	Poid de 1000 grain	31
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,09
	Rapport2=L/e	6,14

28.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 125 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 2,51 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 114.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (31 talles en moyenne), mais un rendement limité à 1,27 t/ha en F0 (sans apport) et 1,51 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

28.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle moyen (50 % d'épiaison à 102 jours).

28.3.2 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 21 avril, cycle 106 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,77 t/ha.
Commentaires : mélange de variétés.

29 La variété SEBOTA 265



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

29.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2006.
Grain : parfumé.
Cycle : long (130 jours en saison au Lac). Pourrait remplacer le Makalioka au Lac en irrigué.
Gros potentiel de rendement.

29.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 265
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	moyen
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9,83
	Largeur (l)	2,25
	Epaisseur (e)	1,87
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,37
	Rapport2=L/e	5,26

29.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété à été stérile à 100 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (25 talles en moyenne), mais un rendement très faible à 1,66 t/ha en F0 (sans apport) et 1,55 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

29.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle très long (2 % d'épiaison à 102 jours).

29.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 68 jours, cycle 94 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,43 t/ha.
Commentaires : Tallage moyen, beaucoup de talles stériles

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 27 avril, cycle 103 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,04 t/ha.
Commentaires : Développement moyen ; Attaque de chenilles (enroulement des feuilles) ;

30 La variété SEBOTA 281



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation 8FA 281-2.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

30.1 Informations diverses

Non photosensible.
Grain : fin aristé
Toujours vert clair, même si l'on rajoute de l'urée.
Très rustique, c'est celui qui donne les meilleurs résultats avec peu d'engrais.
Potentiel très élevé (jusqu'à 12 t/ha).
Très apprécié en irrigué par les agriculteurs du Lac Alaotra.
Cycle : 115 à 120 jours en saison au Lac

30.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SEBOTA 281
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	indica
	Aristation	aristé
	Apex	
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	11,3
	Largeur (l)	2,32
	Epaisseur (e)	2,02
	Poid de 1000 grain	18
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,87
	Rapport2=L/e	5,59

30.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection irriguée à Fianarantsoa, en collection testée en irrigué et en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 6,68 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 102.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 32 %.
En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage (41 talles en moyenne), avec un rendement de 3,03 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,70 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

30.3.1 A Fianarantsoa (1.100 m)

En collection testée irriguée, il n'a été apporté qu'un seul niveau de fumure : 10 t/ha de fumier de parc, 200 kg de NPK 11-22-16, 100 kg d'urée en deux apports.
Cycle court ici (90 % d'épiaison à 102 jours).
Rendement : 5,0 t/ha.

30.3.2 A Manakara

Collection testée irriguée :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Début de floraison à 62 jours, cycle 88 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,57 t/ha.
Commentaires : Tallage élevé, problème de remplissage des grains

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 22 avril, cycle 107 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,49 t/ha.
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; mais attaque de champignons au pied.

31 La variété SEBOTA 337



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2001.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

31.1 Informations diverses

Non photosensible.
Variété créée en 1995.
Grain : aristé.
Port mixte (feuilles centrales érigées, feuilles des bords en éventail).
Cycle : court estimé à 100 jours sur la collection testée en irriguée au lac Alaotra. En général 10 jours plus long que la série des japonica (sasanishiki, J951, J953)
Très costaud en pluvial et en irrigué aussi avec écartement plus serré

31.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SBT 337
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	compact
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	9,64
	Largeur (l)	2,31
	Epaisseur (e)	1,95
	Poid de 1000 grain	24
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,17
	Rapport2=L/e	4,94

31.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 4,66 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 113.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 33 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage faible (23 talles en moyenne), mais un rendement limité à 2,61 t/ha en F0 (sans apport) et 2,84 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

31.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 13 avril, cycle 91 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 27.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 3,75 t/ha (77 % des tiges attaquées par des borers, 09 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation. Pas d'attaques.

32 La variété SUCUPIRA



Origine : Brésil.
Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation BSL 47-12.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

32.1 Informations diverses

Non photosensible.
Plutôt un pluvial. Reconnaissable par sa couleur de feuille vert foncé (vert bleu)
Grain : long fin.
Variété à abandonner en attendant la sortie des nouvelles variétés pluviales en cours de finition, et qui ont repris une partie de ses qualités.

32.2 Principales caractéristiques.

	Observations	SUCUPIRA
Aspect Général	Cycle (jours)	110
	Port de la plante	semi-dressé
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	assez-bien
Grain	Type	indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	12,32
	Largeur (l)	2,3
	Epaisseur (e)	2,09
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,36
	Rapport2=L/e	5,89

32.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 110 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 1,65 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 72.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile à 28 %.
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (26 talles en moyenne), mais un rendement limité à 2,14 t/ha en F0 (sans apport) et 2,53 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

32.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 22 avril, cycle 103 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 19.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,56 t/ha (54 % des tiges attaquées par des borers, 13 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée mais attaque d'hétéronychus, manque de plants.

33 La variété SASANISHIKI



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

33.1 Informations diverses

Non photosensible.
Sorti de quarantaine en 2004.
Riz à cycle très court, qui supporte le froid. La plus petite taille de la série.
Grain : rond, Japonica. Difficile à battre.
Cycle : 95 jours en saison au Lac.



33.2 Principales caractéristiques.

	Observations	Sasanishiki
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	50
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau et en étage
	Degainage	bon
Grain	Type	japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	peu apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	7,49
	Largeur (l)	3,08
	Epaisseur (e)	2,35
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune foncé tâche noire
	Rapport1=L/l	2,43
	Rapport2=L/e	3,19

33.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 115 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 3,15 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 62.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été stérile qu'à 3 %.

En collection testée irriguée, il a donné un bon tallage en F1 (39 talles en moyenne), avec un rendement de 2,1 t/ha en F0 (sans apport) et de 3,0 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports). Il est vérifié que pour donner un bon rendement, cette variété doit être repiquée plus serrée.

33.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Semis tardif (05 février), début floraison le 11 avril, cycle 92 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 26.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 0,63 t/ha (20 % des tiges attaquées par des borers, 5 % de grains vides).

Commentaires : Bonne levée mais attaque de vers blancs, rendement peu significatif..

34 La variété J 951



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

34.1 Informations diverses

Non photosensible.
Riz à cycle très court (95 jours au Lac Alaotra, en saison), qui supporte le froid.
Grain : rond, Japonica. Difficile à battre.

34.2 Principales caractéristiques.

	Observations	J 951
Aspect Général	Cycle (jours)	90
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	feuille retombante
	Forme de la panicule	compact
	Degainage	bon
Grain	Type	japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	bec d'oiseau
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	7,26
	Largeur (l)	3,27
	Epaisseur (e)	2,31
	Poid de 1000 grain	32
	Couleur du grain	jaune foncé
	Rapport1=L/l	2,22
	Rapport2=L/e	3,14

34.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 90 jours en saison chaude.

En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,53 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 109.

En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été stérile qu'à 4 % (les 3 riz japonais sont des riz de régions froides, et ont mieux supporté la baisse de température).

En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1(22 talles en moyenne), mais un rendement de 3,34 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,29 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports).

34.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

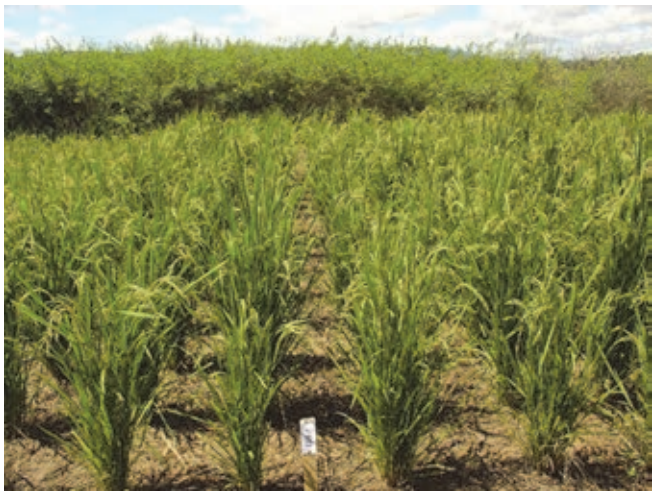
Semis tardif (05 février), début floraison le 07 avril, cycle 91 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 24.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,00 t/ha (31 % des tiges attaquées par des borers, 08 % de grains vides).

Commentaires : Développement moyen ; l'un des cycles les plus courts, et avec le moins d'attaques de tiges par les borers, et peu de grains vides.

35 La variété J 953



Origine : Brésil.
Variété sortie de quarantaine en 2004.
Variété polyaptitudes, qui peut être cultivée en pluvial comme en irrigué ou en rizières à mauvaise maîtrise d'eau.

35.1 Informations diverses

Non photosensible.
Riz à cycle très court, qui supporte le froid.
Le meilleur des 3 Japonica (J 951, J 953 et Sasanishiki).
Grain : rond, Japonica. Difficile à battre.
Cycle : 95 jours en saison au Lac, 130 jours en contre-saison froide au Lac. Le plus productif des trois variétés.
Essai en contre saison au Lac dans la plaine inondée d'Imerimandroso : rendement 7 t/ha, cycle de 130 jours (semé le 20 juillet, récolté 02 janvier 07).

35.2 Principales caractéristiques.

	Observations	J 953
Aspect Général	Cycle (jours)	90
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	feuille retombante
	Forme de la panicule	compact
	Degainage	bon
Grain	Type	japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé rouge
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	7,34
	Largeur (l)	3,36
	Epaisseur (e)	2,33
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	2,18
	Rapport2=L/e	3,15

35.3 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection généalogique au Lac Alaotra, en collection testée en irrigué et en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

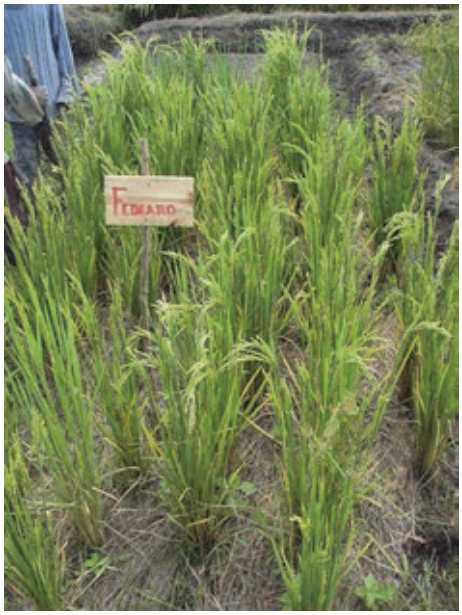
Au Lac Alaotra

Cycle : 90 jours en saison chaude.
En collection généalogique, elle a donné un rendement de 5,52 t/ha, avec un nombre moyen de grains par panicule de 109.
En culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été que très peu stérile (4 %).
En collection testée irriguée, il a donné un tallage moyen en F1 (22 talles en moyenne), avec un rendement de 3,34 t/ha en F0 (sans apport) et de 4,29 t/ha pour un niveau de fertilisation F1 (130 kg/ha de DAP, et urée 120 kg en deux apports). Comme pour les autres riz japonais de cette série, on gagnerait à serrer les plants au repiquage.

35.3.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 04 avril, cycle 88 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 24.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,81 t/ha (17 % des tiges attaquées par des borers, 04 % de grains vides).
Commentaires : Développement moyen ; l'un des cycles les plus courts, et avec le moins d'attaques de tiges par les borers, et peu de grains vides.

36 La variété FEDEARROZ 50



Origine : Brésil
En irrigué, production importante, avec possibilité de deuxième récolte (ratooning)

36.1 Principales caractéristiques

	Observations	FEDEAROZ 50
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	moyen
	Type	Indica
Grain	Aristation	non aristé
	Apex	bec d'oiseau
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	10,01
	Largeur (l)	2,45
	Epaisseur (e)	2,01
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	4,08
	Rapport2=L/e	4,98

Compte tenu de la quantité très faible de semences disponibles, cette variété n'a été cultivée en 2006 – 2007 que dans la collection généalogique.

37 La variété B 22



Variété de riz pluvial strict, introduite à Madagascar (origine Brésil) au début des années 80.
Grain rond, de qualité moyenne.
Poids des 1000 grains : 40,5 g.
Paille haute (>1 m).
Rendement potentiel limité par la verse (à partir de 5 t/ha).
Rendement à l'usinage ?
Normalement peu sensible à la pyriculariose (mais vu sur labour une parcelle complètement détruite par la pyri à Ivory en 2005 – 2006).
Cycle relativement court (105 jours en saison au Lac Alaotra, 90 jours en saison à Manakara).
Variété créée sur des sols basaltiques, moins à l'aise que le Primavera sur sols acides.

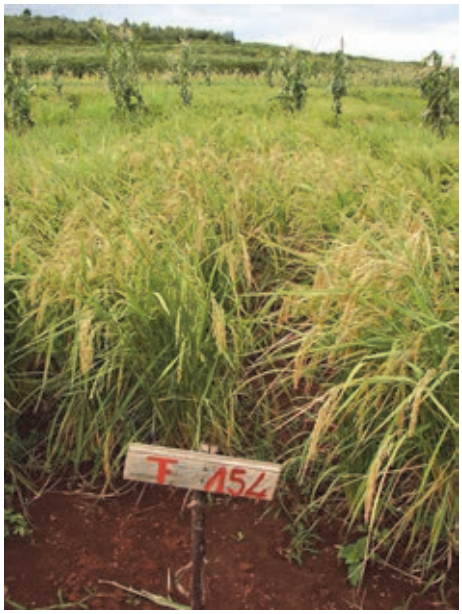
37.1 Principales caractéristiques

	Observations	B22
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	100
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	longueur	
Grain	Type	Intermédiaire
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	10,03
	Largeur (l)	3,32
	Epaisseur (e)	2,24
	Poid de 1000 grain	43
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	3,02
	Rapport2=L/e	4,47
	1 boits	

37.2 Collections testées

Cette variété ancienne ne figure pas dans les collections, mais a servi de témoin pour la collection testée en pluvial à Manakara sur bourrelet de berge.
Semé très tard, elle y a eu un cycle court (85 jours), mais un rendement très faible (465 kg/ha).

38 La variété FOFIFA 154



Créé pour être cultivé en pluvial et en altitude, il supporte d'être inondé et a montré par la suite une capacité à l'irrigation.
Grain long, aristé.
Poids des 1000 grains : 38 g.
Cycle : 105 jours en saison au Lac Alaotra, 90 jours en saison à Manakara.
Usinage :
Reste encore le plus couramment utilisé comme riz pluvial sur les Plateaux (mais avec de fortes attaques de pyriculariose en 2005 – 2006), au Lac Alaotra en rizières à mauvaise maîtrise d'eau et en riz de décrue sur le bord du Lac, et dans les bas fonds drainés de Manakara (fortes attaques de pyriculariose en 2006 – 2007).
Rendement potentiel limité par la verse (à partir de 5 t/ha).
Reconnaissable à son aristation.



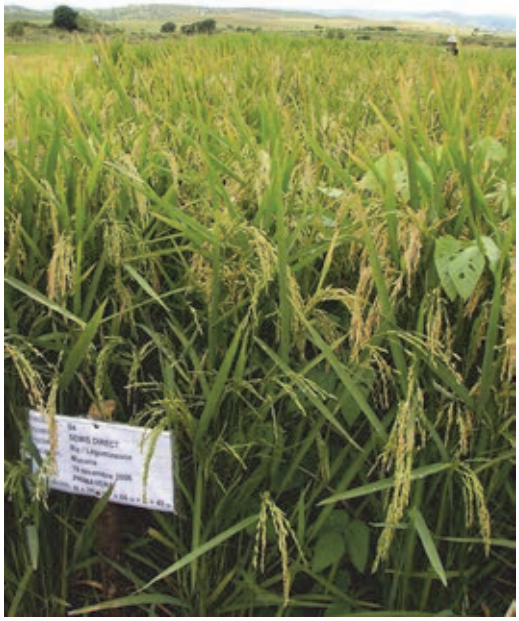
38.1 Principales caractéristiques

	Observations	F/154
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	Type	Indica
Grain	Aristation	aristé
	Apex	
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	11,31
	Largeur (l)	2,9
	Epaisseur (e)	2,31
	Poid de 1000 grain	33
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	3,9
	Rapport2=L/e	4,89

38.2 Collections testées

Cette variété figure dans les collections en pluvial tant au Lac Alaotra que sur les bourrelets de berge de Manakara.
Au Lac, en culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été que peu stérile (20 %).
A Manakara, elle a eu un rendement de 1,32 t/ha à un écartement de 40*40 cm, très inférieur à son potentiel.

39 La variété Primavera



Variété créée par EMBRAPA au Brésil.
En principe riz pluvial strict, mais elle a donné quand même une production intéressante en bas fond drainé à Manakara au début de l'année 2007, alors qu'elle avait eu les pieds dans l'eau plusieurs fois.
Sortie de quarantaine en 2005.
Grains fins longs.
Potentiel de production : un peu meilleur que le B 22 (6 t/ha) avant de verser.
Variété plus adaptée aux sols acides que le B 22.
Poids des 1000 grains :
Cycle : en saison au Lac 110 jours, à Manakara 90 jours, 95 jours en saison à Toliara.
Bon rendement à l'usinage.

39.1 Principales caractéristiques

	Observations	PRIMAVERA
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	135
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille paniculaire	dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	longueur	
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,65
	Largeur (l)	2,43
	Epaisseur (e)	1,97
	Poid de 1000 grain	26
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	4,38
	Rapport2=L/e	5,4
	1 boits	

39.2 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007 en collection testée en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra
Cycle : 120 jours en saison chaude.

39.2.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 14 avril, cycle 93 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 16.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,61 t/ha (55 % des tiges attaquées par des borers, 06 % de grains vides).
Commentaires : Bonne levée et bonne végétation ; mauvais dégainage pour les plants attaqués par une maladie fongique.

40 La variété CIRAD 141



Variété créée en 1992 au Brésil.
Sortie de quarantaine en 2001.
Grain : semi-long, fin.
Cycle : 125 jours en saison au Lac Alaotra, 120 jours en saison à Manakara.
Résistance exceptionnelle à la sécheresse (seule variété récoltée parmi une collection de 60 variétés lors d'une sécheresse exceptionnelle au Brésil).
Bonne résistance à la pyriculariose (sur une échelle de notation de 1 à 9, les attaques constatées n'ont jamais dépassé la note 3.
Elle occupe plus de 500.000 ha au Brésil, dans des zones à sols ferrallitiques dominants.

40.1 Principales caractéristiques

	Observations	CIRAD 141
Aspect Général	Cycle (jours)	140
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pilleux
	Hauteur de la plante (cm)	140
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-dressé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	assez-bien
	longueur	
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apex rouge
	Pilosité	pilleux
	Longueur (L)	10,01
	Largeur (l)	2,69
	Epaisseur (e)	2,09
	Poid de 1000 grain	33
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	3,72
	Rapport2=L/e	4,79
	1 boits	

40.2 Collections testées

Cette variété figure dans les collections en pluvial tant au Lac Alaotra que sur les bourrelets de berge de Manakara.
Au Lac, en culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété a été stérile (100 % de grains vides).
A Manakara, elle a eu un rendement de 1,08 t/ha à un écartement de 40*40 cm.
Les expériences de ces dernières années où il y a eu plusieurs périodes de sécheresse qui ne lui ont pas permis de finir son cycle dans de bonnes conditions ont pénalisé cette variété, qui n'est plus que très peu demandée.

41 La variété Espadon



Sorti de quarantaine en 2001, sous l'appellation GIFA 36.
Grain : ultra long, fin, exceptionnel
Cycle : 110 jours en saison au Lac Alaotra, 95 jours en saison à Manakara.
Poids des 1000 grains : 36 g.
Usinage : difficile, de 46 à 48 % de grains entiers (on aurait obtenu 55 % dans la nouvelle usine de Vohidiala).



41.1 Principales caractéristiques

	Observations	ESPADON
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	140
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi-dressé
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	moyen
	longueur	
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculeux
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	13,82
	Largeur (l)	2,52
	Epaisseur (e)	2,1
	Poid de 1000 grain	46
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	5,48
	Rapport2=L/e	6,58
	1 boits	

41.2 Collections testées

Cette variété figure dans les collections en pluvial tant au Lac Alaotra que sur les bourrelets de berge de Manakara.
Au Lac, en culture pluviale, suite à de très fortes pluies et au vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007), cette variété n'a été que peu stérile (30 %).

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 11 avril, cycle 95 jours.
Nombre moyen de talles fertiles par pied : 28.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,38 t/ha (58 % des tiges attaquées par des borers, 07 % de grains vides).
Commentaires : Développement moyen ; cycle court, mais attaques de tiges par les borers.

42 La variété FOFIFA 159



42.1 Fiche d'origine FOFIFA – CIRAD

N° dans le catalogue CIRAD-CA GERVEX : 9081	Année d'obtention : 2000
N° dans le catalogue FOFIFA : 4178	
Synonymes: **Mahasoa**, Exp 926	Groupe morphologique : type pluvial
Origine géographique : Madagascar	Groupe enzymatique :
Origine génétique : IRAT 114 × FOFIFA 133 C546-F873-6-97-5	

CARACTERES DE LA PLANTE

- Longueur des feuilles : 12 cm
- Largeur des feuilles : 0,9 cm
- Pilosité des feuilles : intermédiaire
- Couleur de la gaine foliaire : verte
- Port de la feuille paniculaire : intermédiaire
- Hauteur de la plante : 100 cm
- Aptitude au tallage : moyenne
- Port de la plante : semi-érigé
- Exsertion paniculaire : moyenne
- Photosensibilité :
- Cycle semis-floraison : 115 j (Moyenne Antsirabe / 1600 m)
- Cycle semis-maturité : 160 j (Moyenne Antsirabe / 1600 m)

CARACTERES DU GRAIN

- Aristation : mutique
- Couleur de l'apex : rougeâtre
- Couleur des glumelles : paille
- Pilosité des glumelles : poils courts
- Fermeture des glumelles : bonne
- Poids de 1000 grains : 27,6 g
- Longueur du grain vêtu : 8,3 mm
- Largeur du grain vêtu : 3,1 mm
- Réaction au phénol : non réalisé
- Taux d'amylose : 23 % (assez élevé)
- Translucidité : claire
- Test à l'alcali : non réalisé
- Gonflement à la cuisson : 270 % (élevé)
- Fermeté : non réalisé
- Recouvrance élastique : non réalisé
- Température de gélification : 62-78 °C

42.2 CARACTERES AGRONOMIQUES

- Vocation culturale : culture pluviale
- Niveau d'intensification : traditionnel
- Aires de culture reconnues : zones de haute et moyenne altitude, de 800 à 1600 m, à Madagascar

- **Résistance à :**
  - la verse : moyenne (4/9)
  - l'égrenage : moyennement sensible (6/9)
  - la sécheresse : ?
- **Tolérance aux maladies :**
  - pyriculariose du cou : tolérante (2/9)
  - pyriculariose foliaire : résistante (2/9)
  - Sarocladium : moyennement sensible (6/9)

- **Autres tolérances ou résistances :** certaine rusticité.
- **Caractères particuliers :** panicule compacte, grain rond, lourd et velu, avec apex rougeâtre
- **Rendements obtenus en milieu contrôlé :**
  - . moyen : 2,8 t/ha
  - . maximum : 6,3 t/ha

POINTS FORTS	POINTS FAIBLES
• **Tolérance à la pyriculariose** • Certaine rusticité • Panicules compactes • Fertilité • Aspect sanitaire du grain	• Tallage moyen • Sensibilité moyenne à l'égrenage • Exsertion paniculaire parfois moyenne

Date et origine de la fiche : JL.DZIDO janvier 2001, révisée en septembre 2003, en septembre 2004.et en octobre 2005.

42.3 Caractéristiques relevées au Lac Alaotra

	Observations	F/159
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	semi-dressé
	Couleur du pied	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	100
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	Type	Japonica
Grain	Aristation	non aristé
	Apex	bec d'oiseau
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	8,66
	Largeur (l)	3,17
	Epaisseur (e)	2,24
	Poid de 1000 grain	35
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	2,73
	Rapport2=L/e	3,86

42.4 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007en collection testée en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 130 jours en saison chaude.

En culture pluviale, elle a eu un taux de stérilité assez faible (30 %), malgré les très fortes pluies et le vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007).

En collection testée en irrigué, son rendement estimé a été de 3,34 t/ha (fumure F1), ce qui le place dans la moyenne des variétés testées.

43 La variété FOFIFA 167



Créé à Madagascar dans le cadre du programme de recherche sur les riz d'altitudes.
Grains peu appréciés, sensible à la pyriculariose.
Petite production en 2006 (1,45 t), abandonné depuis (mis à la consommation).
Cycle : 95 jours en saison à Manakara.

43.1 Principales caractéristiques

	Observations	F/167
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	semi-dressé
	Couleur du pied	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante en 45°
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	Type	Jamponica
Grain	Aristation	aristé
	Apex	bec d'oiseau
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	9
	Largeur (l)	3,7
	Epaisseur (e)	2,56
	Poid de 1000 grain	43
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	2,43
	Rapport2=L/e	3,52

43.2 Collections testées

Cette variété a été installée en 2006 – 2007en collection testée en pluvial au Lac Alaotra, en collection testée en pluvial sur bourrelet de berge à Manakara.

Au Lac Alaotra

Cycle : 130 jours en saison chaude.

En collection généalogique en irrigué, il a donné un rendement de 3 ,34 t/ha avec un nombre moyen de talles de 15.

En culture pluviale, elle a eu un taux de stérilité le plus faible (2 % de grains vides), malgré les très fortes pluies et le vent lors du passage du cyclone Jaya (03 et 04 avril 2007).

Son rendement estimé a été de 3,25 t/ha (fumure F1), ce qui le place dans la moyenne des variétés testées.

43.2.1 A Manakara

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :

Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).

Semis tardif (05 février), début floraison le 14 avril, cycle 106 jours.

Nombre moyen de talles fertiles par pied : 14.

Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 2,38 t/ha (69 % des tiges attaquées par des borers, mais seulement 6 % de grains vides !).

Commentaires : Bonne levée et bonne végétation, pas de problème de développement.

44 La variété FOFIFA 168

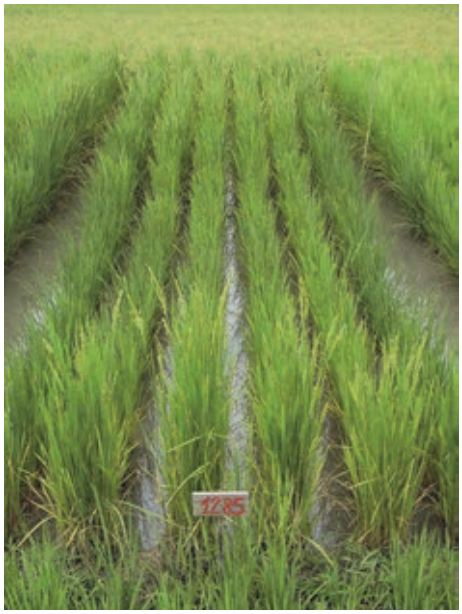
Créée à Madagascar dans le cadre du programme de recherche sur les riz d'altitudes.

44.1 Principales caractéristiques

	Observations	F/168
Aspect Général	Cycle (jours)	130
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	vert foncé
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	100
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	en étage
	Degainage	moyen
	longueur	
Grain	Type	Japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	apex rouge
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	8,42
	Largeur (l)	3,55
	Epaisseur (e)	2,62
	Poid de 1000 grain	45
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	2,37
	Rapport2=L/e	3,21
	1 boits	

Variété peu intéressante compte tenu de sa longueur de cycle

45 La variété 1285 (Rojofotsy)



Variété utilisée en altitude (Hauts Plateaux, à 1.500 m). Variété polyaptitudes, elle est utilisée en irrigué mais aussi en rizières à mauvaise maîtrise d'eau (cas où les rizières reçoivent de l'eau pendant un à deux mois).

45.1 Principales caractéristiques

Observations	1285
Cycle (jours)	140
Port de la plante	semi-ouvert
Couleur du pied	rouge
Couleur de la feuille	vert
Pilosité de la feuille	
Hauteur de la plante (cm)	100
Obs	
Port de la panicule	retombante
Port de la feuille panicula	retombante
Forme de la panicule	même niveau
Degainage	bon
longueur	
Type	Intermédiaire
Aristation	non aristé
Apex	mutique
Pilosité	non pilleux
Longueur (L)	8,33
Largeur (l)	2,72
Epaisseur (e)	2,2
Poid de 1000 grain	31
Couleur du grain	jaune paille
Rapport1=L/l	3,06
Rapport2=L/e	3,79
1 boits	

<u>Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :</u>
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 06 mai, cycle 120 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 1,56 t/ha.
Développement moyen, beaucoup d'attaques de vers blancs et d'hétéronychus.

46 La variété X 265



C'est l'une des variétés les plus plastiques de Madagascar, que l'on trouve depuis les zones d'altitude (1.500 m dans la région d'Antsirabe) jusque sur les côtes Est et Ouest de Madagascar.
Bon potentiel de rendement (7 à 8 t/ha).
Essentiellement utilisée en rizière irriguée.

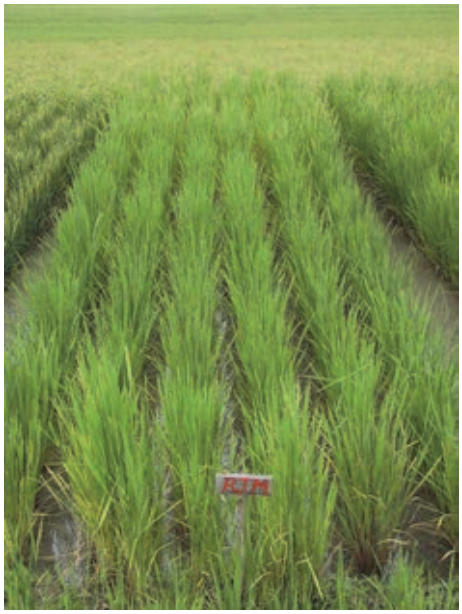
46.1 Principales caractéristiques

	Observations	X265
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	vert clair
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	pilleux
	Hauteur de la plante (cm)	90
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	longueur	
Grain	Type	Intermédiaire
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pilleux
	Longueur (L)	8,12
	Largeur (l)	2,72
	Epaisseur (e)	2,24
	Poid de 1000 grain	25
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	2,99
	Rapport2=L/e	3,63
	1 boits	

A Manakara, il a servi de témoin pour la collection testée en irrigué. Il a eu un cycle de 95 jours, et un rendement à 40*40 cm de 1,13 t/ha.

Collection testée en pluvial sur bourrelet de berge :
Niveau de fumure unique (F2 : 300 kg de NPK et 100 kg d'urée en 2 apports).
Semis tardif (05 février), début floraison le 20 avril, cycle 104 jours.
Rendement obtenu à un écartement de 40*40 cm : 0,90 t/ha.
Cette variété paraît peu adaptée à la culture en pluvial.

47 La variété Rojomena (1637)



Cette variété n'a pas cette année été testée dans les différentes collections.

47.1 Principales caractéristiques

	Observations	Rojomena
Aspect Général	Cycle (jours)	140
	Port de la plante	semi-ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	110
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	longueur	
Grain	Type	Intermédiaire
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pilleux
	Longueur (L)	9,04
	Largeur (l)	2,68
	Epaisseur (e)	1,79
	Poid de 1000 grain	31
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	3,37
	Rapport2=L/e	5,05
	1 boits	

48 La variété MK 34 Makalioka (ADK 2)



C'est la variété la plus cultivée au Lac Alaotra.
Photosensible, elle fleurit le 15 avril quelle que soit la date du repiquage.
Période conseillée pour le repiquage : avant le 15 décembre, mais on peut encore obtenir des rendements de 4 à 5 t/ha si le repiquage se fait en plants jeunes avant la fin du mois de janvier.
Tendance à la verse lorsque le rendement excède 5 t/ha.

48.1 Principales caractéristiques

	Observations	MK 34 - ADK 2
Aspect Général	Cycle (jours)	180
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	Blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	130
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau- lâche
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	
	Longueur (L)	10,12
	Largeur (l)	2,48
	Epaisseur (e)	2,01
	Poid de 1000 grain	26
	Couleur du grain	brun marbré
	Rapport1=L/l	4,08
	Rapport2=L/e	5,03

49 La variété IR 64 (ADK 3)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

49.1 Principales caractéristiques

	Observations	IR 64 - ADK 3
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	semi érigé
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi dressé
	Forme de la panicule	même niveau- compact
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	extremité pileux
	Longueur (L)	9,87
	Largeur (l)	2,51
	Epaisseur (e)	2,12
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	3,93
	Rapport2=L/e	4,66

50 La variété X 235 (ADK 5)

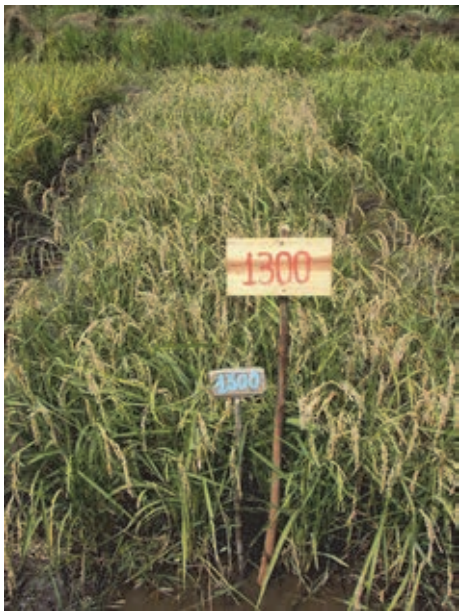


Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

50.1 Principales caractéristiques

	Observations	X235 - ADK 5
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi retombante
	Port de la feuille panicula	semi dressé
	Forme de la panicule	même niveau- comp
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	10,54
	Largeur (l)	2,5
	Epaisseur (e)	1,99
	Poid de 1000 grain	21
	Couleur du grain	jaune foncé
	Rapport1=L/l	4,22
	Rapport2=L/e	5,30

51 La variété 1300 (ADK 8)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

51.1 Principales caractéristiques

	Observations	1300 - ADK 8
Aspect Général	Cycle (jours)	90
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	70
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau- compact
	Degainage	bon
Grain	Type	Japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	7,73
	Largeur (l)	3,34
	Epaisseur (e)	2,19
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	2,31
	Rapport2=L/e	3,53

52 La variété Botamena (ADK 10)

Origine : Variété locale, Lac Alaotra.
Pas de numéro de collection FOFIFA.
C'est une variété à usage mixte, pouvant être utilisée en rizière à mauvaise maîtrise d'eau, en riziculture de décrue, comme en riziculture irriguée.
Cette variété est cultivée couramment au Lac Alaotra en irrigué.
Très rustique, elle peut donner des rendements intéressants sans engrais minéraux. Elle a été remarquée lors des sondages de rendement dans le périmètre irrigué de PC 15 Vallée Marianina, au Lac Alaotra, avec des rendements de 8 t/ha.

Augmentation exceptionnelle de volume à la cuisson : on l'appelle « Manainga takotra » ce qui veut dire « qui soulève le couvercle de la marmite ».
Cette variété s'égraine facilement, et pollue la parcelle pour les années suivantes… Mais son rendement compense ce défaut.
Cette variété résiste à la verse, et n'est pas sensible à la pyriculariose.
Bonne réponse aux engrais minéraux.

En irrigué, il peut donner une deuxième récolte à partir des repousses (ratooning).
Grain rond, moyennement apprécié (décote à l'achat par rapport aux indica).
Haut rendement à l'usinage (supérieur à 70 %).

52.1 Caractéristiques principales

Cycle végétatif : 90 à 100 jours en saison chaude au Lac Alaotra, de 120 à 130 jours en saison froide.
Non photosensible.
Paille courte (hauteur des plants de 65 à 70 cm).
Grain rond, type japonica.
Longueur du grain (L) : 6,80 mm
Largeur du grain (l) : 2,88 mm
L/l = 2,36
Poids de 1000 grains : 19 g.
Poids du kapoaka : 230 g.
Caryopse : couleur blanche translucide.

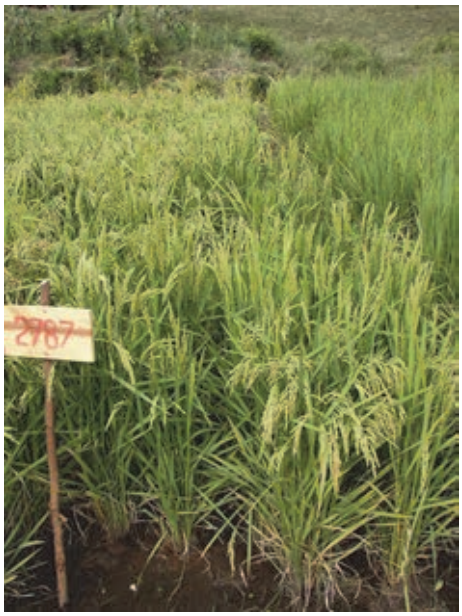
52.2 Collections testées.

En 2006 – 2007, la variété Botamena (ADK 10) ne figurait pas dans les collections testées.
En 2007 – 2008, elle a été installée en collection testée sur la plupart des sites, tant en irrigué qu'en rizière à mauvaise maîtrise d'eau.

52.3 Utilisations possibles

Sa rusticité, son potentiel de rendement sans engrais et la longueur de son cycle en saison chaude sont particulièrement adaptés pour des opérations d'urgence, où une production importante et rapide prime sur la qualité des grains obtenus.

53 La variété 2787 (ADK 11)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

53.1 Principales caractéristiques

	Observations	2787 - ADK 11
Aspect Général	Cycle (jours)	140
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	Blanc
	Couleur de la feuille	vert foncé
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	80
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi dressé
	Forme de la panicule	compact
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	
	Longueur (L)	8,56
	Largeur (l)	2,54
	Epaisseur (e)	2,03
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	3,37
	Rapport2=L/e	4,22

54 La variété 4012 (ADK 12)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

54.1 Principales caractéristiques

	Observations	4012 - ADK 12
Aspect Général	Cycle (jours)	160
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	Blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	110
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi retombante
	Port de la feuille panicula	semi retombante
	Forme de la panicule	même niveau- lâche
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	aristé
	Apex	
	Pilosité	
	Longueur (L)	10,08
	Largeur (l)	2,85
	Epaisseur (e)	2,04
	Poid de 1000 grain	28
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	3,54
	Rapport2=L/e	4,94

55 La variété 3308 (ADK 13)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

La variété 3308 est un riz photosensible de zone d'inondation, qui grandit avec le niveau de l'eau, et reste ensuite dressé même en cas de descente du niveau d'eau. Il peut atteindre des hauteurs importantes.

55.1 Principales caractéristiques

	Observations	3308 - ADK 13
Aspect Général	Cycle (jours)	180
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	Blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	140
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	semi érigé
	Port de la feuille panicula	semi dressé
	Forme de la panicule	même niveau- lâche
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	
	Longueur (L)	10,97
	Largeur (l)	2,72
	Epaisseur (e)	2,29
	Poid de 1000 grain	34
	Couleur du grain	jaune clair
	Rapport1=L/l	4,03
	Rapport2=L/e	4,79

56 La variété ANGOFO (ADK 15)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

56.1 Principales caractéristiques

	Observations	Angofo - ADK 15
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	110
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	8,46
	Largeur (l)	2,56
	Epaisseur (e)	1,8
	Poid de 1000 grain	21
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	3,30
	Rapport2=L/e	4,70

57 La variété ANGOME (ADK 16)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

57.1 Principales caractéristiques

	Observations	Angome - ADK 16
Aspect Général	Cycle (jours)	120
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	110
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	8,47
	Largeur (l)	2,52
	Epaisseur (e)	2,03
	Poid de 1000 grain	22
	Couleur du grain	jaune claire
	Rapport1=L/l	3,36
	Rapport2=L/e	4,17

58 La variété DOMBOLO (ADK 18)

Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

58.1 Principales caractéristiques

	Observations	DOMBOLO - ADK 18
Aspect Général	Cycle (jours)	100
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	
	Hauteur de la plante (cm)	75
	Obs	sensible à l'egrainage
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	semi-dressé
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
	Type	Intermédiaire
Grain	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé
	Pilosité	pileux
	Longueur (L)	8,26
	Largeur (l)	3,09
	Epaisseur (e)	2,18
	Poid de 1000 grain	27
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	2,67
	Rapport2=L/e	3,79

59 La variété SAMBAVY (ADK 21)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

59.1 Principales caractéristiques

	Observations	Sambavy - 21
Aspect Général	Cycle (jours)	125
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	120
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	intermédiaire
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	8,69
	Largeur (l)	3,17
	Epaisseur (e)	2,32
	Poid de 1000 grain	30
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	2,74
	Rapport2=L/e	3,75

60 La variété VAZIMBA (ADK 22)



Les variétés ADK décrites ici n'ont pas été testées en 2006 – 2007 dans les différentes collections, mais elles ont été introduites en 2007 – 2008 dans certains milieux compte tenu de leurs spécificités.
Elles sont donc données ici à titre de première information.

60.1 Principales caractéristiques

	Observations	VAZIMBA - ADK 22
Aspect Général	Cycle (jours)	115
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert
	Pilosité de la feuille	non pileux
	Hauteur de la plante (cm)	120
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau- lâche
	Degainage	bon
Grain	Type	Japonica
	Aristation	non aristé
	Apex	mutique
	Pilosité	non pileux
	Longueur (L)	7,67
	Largeur (l)	3,15
	Epaisseur (e)	2,2
	Poid de 1000 grain	31
	Couleur du grain	jaune paille
	Rapport1=L/l	2,43
	Rapport2=L/e	3,49

61 La variété MIHARY (ADK 23)



Cette variété a été introduite dans le Sud-Est par les Vietnamiens intervenant dans le cadre du Projet PSSA. A forte productivité, c'est une variété polyaptitudes, cultivée dans la région de Manakara en pluvial comme en irrigué.
Forte ressemblance avec la variété SEBOTA 337.

61.1 Principales caractéristiques

	Observations	Mihary - ADK 23
Aspect Général	Cycle (jours)	100
	Port de la plante	ouvert
	Couleur du pied	blanc
	Couleur de la feuille	vert clair
	Pilosité de la feuille	pileux
	Hauteur de la plante (cm)	65
	Obs	
Panicule	Port de la panicule	retombante
	Port de la feuille panicula	retombante
	Forme de la panicule	même niveau
	Degainage	bon
Grain	Type	Indica
	Aristation	non aristé
	Apex	apiculé bec d'oiseau
	Pilosité	Pileux
	Longueur (L)	8,77
	Largeur (l)	2,25
	Epaisseur (e)	1,9
	Poid de 1000 grain	21
	Couleur du grain	jaune foncé
	Rapport1=L/l	3,90
	Rapport2=L/e	4,62

Catalogue des variétés de riz



Annexes



Annexes



Husson O, Séguy L, Charpentier H, Rakotondramanana, Michellon R, Raharison T *et al.* (2012). Manuel pratique du semis direct sur couverture végétale permanente (SCV). Application à Madagascar. GSDM/CIRAD. Antananarivo.
http://agroecologie.cirad.fr/content/keyword/madagascar et
http://gsdm-mg.org/documentations/scv-en-general/

Conception-Direction :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Hubert Charpentier, Rakotondramanana

Auteurs :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Hubert Charpentier, Rakotondramanana, Roger Michellon, Tahina Raharison, Krishna Naudin, Frank Enjalric, Narcisse Moussa, Célestin Razanamparany, Joachin Rasolomanjaka, Serge Bouzinac, André Chabanne, Stéphane Boulakia, Florent Tivet, Stéphane Chabierski, Hubert Razafintsalama, Christian Rakotoarinivo, Hasina Andrianasolo, François-Xavier Chabaud, Tahina Rakotondralambo, Pierson Rakotondralambo, Ignace Ramaroson

Photos :
Olivier Husson, Lucien Séguy, Roger Michellon, Narcisse Moussa, Krishna Naudin, Philippe Grandjean, François-Xavier Chabaud, Rakotondramanana

Graphisme : Olivier Husson, Eloïse Grand, IAN Symbols, Ramafa

Mise en page : Olivier Husson

Edition: GSDM/CIRAD, Antananarivo

cirad LA RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT

GSDM Groupement Semis Direct de Madagascar

TAFA TAny sy FAmpandroasana

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

Ministère de l'Agriculture