



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

Novembre 2008



Centre de
Coopération
Internationale en
Recherche
Agronomique pour
le Développement



TAny sy Fampandroasana



Groupement Semis Direct de Madagascar



AGENCE FRANÇAISE
DE DÉVELOPPEMENT



Ministère de l'Agriculture,
de l'Élevage 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⁾).

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.



Phase souterraine (holoparasite) de *S. Asiatica*

Photo : N. Moussa

Le contrôle du striga par les SCV

Fixation et développement d'un suçoir

Après germination, la racicule 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 racicule 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 racicule 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 sphaceolata*, 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 atterinum*), 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 phaseoloides*) 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⁾.

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.

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.



Forts dégâts (sur riz) en phase souterraine
Photo: Rakotondramana



Bon développement racinaire mais faible développement des parties aériennes de riz parasité par *S. asiatica*
Photo: N. Moussa

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, 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 réalisées 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 pintoi* 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 a 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 P₂O₅ et 48 K₂O) ⁽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 incluses 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.

Le contrôle du striga par les SCV

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés pour un contrôle rapide du striga
Climat de moyenne altitude avec longue saison sèche (> 6 mois)

	Mais + Arachis pérenne // Riz ou maïs sur arachis vif	Mais + Lég. alimentaire volubile // Riz en rotation	Mais + Mucuna // chaque année	Mais + Crotalaire // Riz en rotation	Mais + Bracharia ruzi. // Riz en rotation	Mais + Eleusine (+ Cajanus) // Riz en rotation	Mais + Stylosanthes // Riz en rotation	Mais + Stylosanthes // Riz en rotation	Mais + Stylosanthes // Riz en rotation	Mais + Stylosanthes // Riz en rotation	Leg. alimentaire, non volubile // Riz ou Maïs + Stylo.	Manicoc + Stylo. // Riz ou Maïs + Stylo.	Manioc + Bracharia ruzi. // Riz	Manioc + Bracharia ruzi. // Manioc + Riz
Possible sur sol compacté en année "zéro"	X	X	X	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	X	X	X	X	X	X
Production de grains ou tubercules chaque année	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrages									X	X				
Production de riz ou de maïs après deux ou trois années d'amélioration												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 / Décompactation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
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 débiter 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.

- Comme pour les systèmes précédents, un apport de fumier est indispensable et la fertilisation minérale est recommandée.



Maïs + Vigna umbellata

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 atterinum*) 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 appréciée, est une bonne alternative, même si le contrôle du striga en première année est moindre qu'avec d'autres légumineuses. Par ses pivots puissants (décompactation 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 décompactation 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.

— 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).



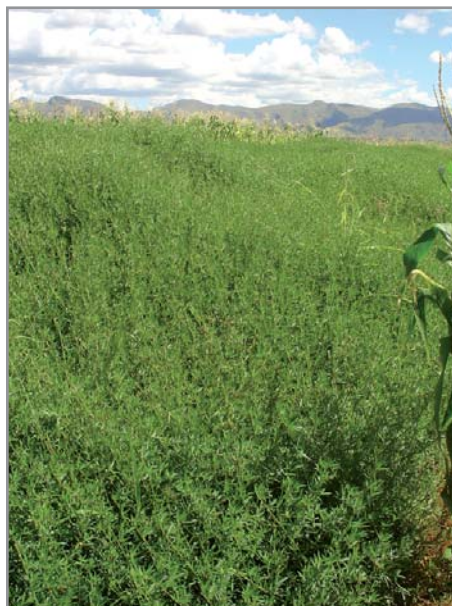
Riz après Maïs + Eleusine

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.

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

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 + B. ruziziensis // Manioc + B. ruziziensis // Soja // Riz

Manioc + Stylosanthes

+ 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 appréciées des animaux (et peu consommées par les termites), ou l'emboisement (fermeture des parcelles par des épineux de préférence) permettent de maintenir la biomasse sur la parcelle.

Le contrôle du striga par les SCV

Synthèse des caractéristiques des systèmes proposés pour un contrôle rapide du striga
Climat semi aride avec très longue saison sèche (> 7 mois)

	Mais ou sorgho + Lég. alimentaire chaque année	Mais ou sorgho + Lég. alim. volubile // Coton en rotation	Mais ou sorgho + B. Ruzi (+ Calanus) // Coton en rotation	Mais ou sorgho + B. Ruzi (+ Calanus) chaque année	Mais ou sorgho + Eleusine (+ Calanus) // Coton en rotation	Mais ou sorgho + Eleusine (+ Calanus) chaque année	Mais ou sorgho + Crotalaire	Mais ou sorgho + Crotalaire // Coton en rotation	Mais ou sorgho + Stylo // Stylo // Stylo // Mais ou sorgho + Stylo	Leg. alimentaire non volubile + Stylo // Mais ou sorgho + Stylo	Mantoc + Stylo // Mantoc + Stylo	Mais ou sorgho + Stylo // Mais ou sorgho + Stylo
Production de céréales (Maïs, Sorgho, Mil) chaque année	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Production de grains, tubercules ou fibres chaque année	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alternance cultures / plantes de couverture ou fourrage								X	X	X	X	X
Production de céréales après deux ou trois années d'amélioration												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 / Décompactation	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
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

+ 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 + Pois de terre + Arachide

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 décompactation 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 (inconvenient 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.

Systemes avec production de grains ou tubercules alternée avec la production de fourrages / plantes de couverture

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, Pois du cap, etc.) + 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 engouement 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).

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).



Stylosanthes après riz et Crotalaire après maïs
Diffusion rapide dans le Moyen - Ouest

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.

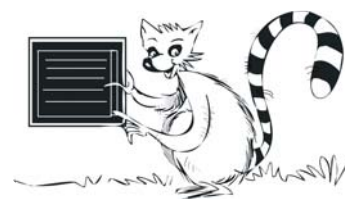
Les surfaces disponibles restant importantes (densité de population relativement faible), les agriculteurs s'orientent logiquement vers des systèmes peu intensifs, alternant cultures et plantes de couvertures, peu exigeants en travail et en intrants. L'organisation pour faciliter l'accès au système de 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

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
- ✓ 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



Striga asiatica, parasite des céréales



Maïs + *Stylosanthes guianensis*