



The World Bank



Etude économique des effets obtenus par l'adoption des techniques agro-écologiques.

Etude de cas sur la zone du lac Alaotra, Madagascar.

Elève stagiaire

Jean-Edouard Martin.

Encadrement

François Jullien, AFD.

Jean-Christophe Carret, Banque Mondiale.

Jacques Breger, ENGREF.

ENGREF

Promotion 2003-2005

Mars-Avril 2004

Sommaire

Résumé.....	3
Introduction.....	3
I. Positionnement du problème.....	4
A. Données de l'étude.....	4
1. Situation de l'agriculture à Madagascar et présentation de la zone du lac Alaotra.....	4
2. Zonage agro-écologique.....	4
3. Présentation des deux projets concernés :.....	4
B. Présentation des techniques agro-écologiques.....	5
1. Trois principes novateurs.....	5
2. Applications sur le lac Alaotra.....	5
II. Présentation des effets obtenus par l'adoption des techniques agro-écologiques.....	7
A. Effets qui intéressent directement les adoptants.....	7
1. Evolution des rendements.....	7
2. Evolution de la quantité d'intrants.....	8
3. Interactions avec l'élevage.....	8
4. Conservation de la terre.....	9
B. Effets liés à l'érosion.....	9
1. Effet des techniques SD sur l'érosion des parcelles de culture.....	9
2. Effet des techniques SD sur l'érosion des <i>tanety</i> , par le biais de l'élevage et du reboisement.....	10
3. Effet des techniques SD sur le phénomène des <i>lavaka</i>	10
C. Effets globaux.....	10
1. La question du reboisement.....	10
2. Séquestration du carbone.....	11
3. Evolution du régime hydrique.....	11
III. Eléments de réflexion sur l'évaluation économique.....	12
A. Rappels théoriques.....	12
1. Analyse économique et analyse financière.....	12
2. Types d'approches de mesure utilisés ici.....	12
B. Le cas des effets liés à l'érosion.....	13
1. Des relations à éclaircir.....	13
2. Mesure physique de l'érosion.....	13
3. Mesure et perception des effets de l'érosion, quantification.....	14
C. Le cas des effets sur site.....	14
1. Mesure des rendements.....	14
2. La question de la main d'œuvre.....	15
3. Le problème du risque.....	15
Conclusions.....	16
Adoption des techniques agro-écologiques.....	16
Le projet BV-Lac, la prise en compte de l'érosion.....	16
La question de l'évaluation économique.....	16
Annexe 1.....	17
Annexe 2.....	18
1. Evolution des dommages directs sur rizières.....	18
2. L'ensablement du lit des rivières et les ruptures de digue.....	18
3. Evolution des dommages indirects sur rizières.....	18
4. La question de la sédimentation dans les ouvrages hydrauliques, baisse de leur durée de vie.....	19
Bibliographie.....	20

Résumé

Cette étude s'intéresse à l'ensemble des effets consécutifs à l'adoption de nouvelles techniques agronomiques (techniques dites agro-écologiques) sur la zone du Lac Alaotra à Madagascar. Ces nouvelles techniques sont diffusées dans le cadre de deux projets de développement menés par l'AFD. Nous recensons ici dix effets majeurs, qu'il convient de prendre en compte afin de maîtriser les enjeux de ces projets.

Certains effets intéressent directement les adoptants des nouvelles techniques : il s'agit de l'évolution des rendements, de l'évolution des intrants mobilisés, des interactions potentielles avec l'élevage, et de la conservation de la terre. Certains effets portent sur la productivité des rizières de la cuvette du lac Alaotra : il s'agit de l'évolution des dommages (directs ou indirects) sur les rizières et de la question de la sédimentation dans les ouvrages hydrauliques. Enfin certains effets sont d'ordre plus général et concernent le bassin versant dans son ensemble : il s'agit de la question du maintien des forêts, de la séquestration du carbone dans le sol et de la modification du régime hydrique.

Il ressort de cette étude que, dans le cadre du projet, les effets liés aux phénomènes d'érosion, ainsi que les effets sur site revêtent le plus d'importance.

Nous constatons une méconnaissance globale des phénomènes d'érosion, et la nécessité de disposer de plus de moyens de mesure de ces phénomènes. Pour ces effets comme pour les effets sur site, leur évaluation économique requiert un certain recul, que la récence des projets limite pour l'instant. Quoi qu'il en soit, devant la diversité des situations, nous proposons de réfléchir à une approche statistique de ces phénomènes. Egalement il paraît essentiel de garder en considération l'importance des facteurs socio-démographiques face aux évolutions proposées par le projet.

Introduction.

La cuvette du Lac Alaotra, à Madagascar, est l'une des principales zones de riziculture du pays. La dégradation des périmètres irrigués menace sérieusement la pérennité du système de production mis en place. Afin d'y remédier, l'Agence Française de Développement promeut actuellement un projet de développement global du bassin versant du lac Alaotra. L'une des composantes de ce projet est la diffusion des nouvelles techniques dites agro-écologiques au sein de la population d'agriculteurs.

Nous nous intéressons ici à l'étude des effets consécutifs à l'adoption de ces nouvelles techniques. Plus précisément, les techniques agro-écologiques sont mises en œuvre à petite échelle à Madagascar depuis moins de dix ans. Or l'adoption de telles pratiques est bien entendu suivie de conséquences : sur les parcelles précisément (i.e. sur site) ou sur la zone de façon plus globale (i.e. hors site). Ces effets ne sont pas forcément bien maîtrisés, et sont plus ou moins bien connus.

Nous nous attachons donc à clarifier les interrogations qui subsistent autour des effets dus à l'adoption des techniques agro-écologiques, dans le but d'en esquisser une évaluation économique.

Dans un premier temps, nous rappelons le contexte de l'étude et fournissons des éléments généraux sur le domaine de l'agro-écologie.

Dans un deuxième temps, nous présentons, en les classifiant, l'ensemble des effets que nous avons considérés dans cette étude.

Enfin, nous proposons dans une dernière partie des éléments de réflexion à considérer dans le cadre de l'évaluation économique de ces effets.

I. Positionnement du problème.

A. Données de l'étude.

1. Situation de l'agriculture à Madagascar et présentation de la zone du lac Alaotra.

Madagascar est confronté à deux problèmes majeurs : **la dégradation de ses ressources naturelles, et la stagnation relative de son économie face à la croissance de sa population.** Le sous secteur riz constitue la principale filière du secteur agricole à Madagascar. Il constitue donc un enjeu majeur pour le développement socio-économique de l'île. En particulier, la région du lac Alaotra est une des rares zones excédentaires en riz et considérée comme l'un des « greniers » du pays.

La cuvette du lac Alaotra est une zone d'environ 700 km², située à 750 m d'altitude. Le domaine rizicole s'étend sur des plaines et des vallées, entourées de collines (les *tanety*) culminant à 1100-1500 m. Aujourd'hui, **cette région subit une forte colonisation agricole, notamment sur les *tanety*, et on enregistre une stagnation de la production ainsi qu'une hausse des coûts de maintenance des ouvrages hydrauliques.** La population de la zone est estimée à 470 000 habitants.

2. Zonage agro-écologique

Olivier (2000) propose quatre zonages agro-écologiques pour la cuvette du lac Alaotra :

1. Système exclusivement rizicole : riziculture irriguée, voire inondée. Pas de *tanety* donc pas d'élevage ; problèmes d'ensablement des canaux et absence d'entretien.
2. Système mixte rizière/*tanety* : système le plus représenté. Riziculture de bas-fond, irrigation impossible, élevage bovin important.
3. Système mixte rizière/*tanety*/baiboho : zone parcourue par des rivières au débit élevé, permettent un alluvionnement important. Bonnes cultures de contre-saison.
4. Système mixte à *tanety* prédominant : concerne les *tanety* éloignés de la cuvette, isolement majeur, agriculture pionnière (*tavy*), élevage bovin prépondérant.

Nous utiliserons cette classification par la suite.

Au lac Alaotra, les *tanety* sont désormais largement déforestés. Les pratiques traditionnelles sur ces **zones de collines** (à considérer comme situation de référence vis à vis du projet) sont les suivantes : pratique d'un élevage extensif sur brûlis, fragilisant considérablement le sol, **et dans une moindre mesure**, pratique de cultures vivrières sur des parcelles s'appauvrissant au bout de quelques années.

3. Présentation des deux projets concernés :

L'Agence Française de Développement (AFD) est présente au lac Alaotra depuis les années 70. Les différents projets qui s'y sont succédés ont toujours eu comme souci d'optimiser la production rizicole de la zone. Aujourd'hui, **la colonisation des *tanety* et la dégradation générale du couvert des collines** surplombant les périmètres irrigués **entraîne un problème préoccupant d'érosion** avec des conséquences sur les **rizières en aval**. Afin de considérer pleinement ces enjeux, dans son Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants du lac alaotra, **l'AFD a donc choisi une approche intégrant les problématiques du bassin versant dans son ensemble, et non pas seulement les périmètres irrigués.**

Ce projet a été instruit en 2000, mais n'a réellement démarré que l'année dernière. Il a donc pour **but d'assurer l'aménagement des bassins dans leur ensemble, en intégrant à la**

fois les zones basses et les zones d'altitude, en développant des activités productives adaptées aux divers types de terrain : cultures irriguées, cultures pluviales, [amélioration des systèmes d'élevage](#), foresterie. En particulier, le projet cherche à promouvoir les techniques agro-écologiques (présentées dans la partie suivante) sur [tous les types de toposéquences](#), afin de limiter les pratiques traditionnelles non durables, et ayant des effets néfastes sur les périmètres irrigués. Pour la diffusion de ces techniques, l'AFD s'appuie sur le [Projet de développement des techniques agro-écologiques](#), instruit en 2001 et visant à la diffusion des techniques agro-écologiques à travers Madagascar. [L'ONG TAFA, appuyée par le CIRAD, est chargée de la partie recherche expérimentale, et propose aujourd'hui environ 150 itinéraires techniques spécialement élaborés pour répondre aux besoins des paysans à Madagascar. Dans le cadre du projet BV Lac, la diffusion de ces nouvelles techniques a été confiée à BRL.](#)

B. Présentation des techniques agro-écologiques.

Les techniques que nous présentons ici portent plusieurs noms : « semis direct », « agro-écologie », « zéro labour »... En toute rigueur, il existe des variantes au sein de ces techniques. Nous choisissons ici de ne pas en tenir compte, et d'utiliser indifféremment les termes « agro-écologie » ou SDCV (Semis Direct sur Couverture Végétale), définis ici par opposition aux pratiques « traditionnelles » telle que l'abattis-brûlis.

1. Trois principes novateurs

Les techniques SD reposent sur trois piliers : non travail du sol, couverture permanente de la parcelle, rotations des cultures.

L'idée d'abandonner le labour est née du constat qu'en région tropicale, les sols travaillés sont rapidement appauvris et compactés, provoquant une baisse de la fertilité et une accélération des processus érosifs.

La couverture permanente de la parcelle autorise une culture principale (riz, maïs) sur une couverture végétale morte (résidus de récolte, paillage provenant de l'extérieur) ou vivante (plantes de couvertures, légumineuses [ou graminées](#)). Ce couvert limite les phénomènes érosifs comme le ruissellement, favorise l'infiltration, permet une meilleure structuration du sol et assure une meilleure gestion de la ressource hydrique. Dans un tel système, seules les productions utiles (grains et fourrages) doivent être exportées hors de la parcelle. L'idée est que cette dernière fonctionne à l'image d'une forêt, en cycle fermé : la majorité des éléments puisés dans le sol lui sont restitués par le biais de la décomposition de la biomasse.

[La couverture des parcelles et l'absence de labour doivent permettre une mise en valeur plus tôt et plus longue du sol, ce qui favorise la culture de contre-saison. Le recours aux légumineuses \(stylosanthes, dolique, vesce...\) ou aux graminées \(bracharia ruziziensis, humidicola...\) comme couverture végétale assure un phénomène de « pompe biologique », et influe positivement sur la structure et la composition du sol \(porosité, fertilité\).](#)

2. Applications sur le lac Alaotra.

[Certains itinéraires techniques sont particulièrement répandus au Lac Alaotra. Citons par exemple les rotations riz pluvial/légumineuse, l'association maïs/légumineuse, ou le paillage des cultures maraîchères. L'association Manioc/bracharia sur *tanety* constitue également l'un des exemples les plus répandus et les plus probants des potentialités du SDCV.](#)

Les organisations de vulgarisation essaient également de promouvoir **les techniques d'écobuage sur parcelle**, qui permettent une véritable « reprise de terres » : dans le cas de parcelles très érodées (cas des parcelles sur *tanety* notamment), on peut retrouver un très bon rendement dès la première année, point de départ pour une nouvelle mise en valeur de la parcelle.

D'autre part, **les techniques SDCV sont également intégrées aux questions liées à l'élevage et au reboisement**. Nous développons ce point au II.B.2.

II. Présentation des effets obtenus par l'adoption des techniques agro-écologiques.

Au travers des documents étudiés au cours du stage, nous avons pu recenser un certain nombre d'effets liés aux modifications des pratiques culturales. Les dix effets présentés ici sont ceux qui ont paru pertinents vis à vis de la situation du lac Alaotra, et de l'adoption des techniques agro-écologiques. Il est assez difficile d'ordonner ces effets, et certains sont interdépendants. Un tableau de classification est donc proposé en annexe.

Certains effets concernent directement les adoptants des techniques de SD : il s'agit de **l'évolution des rendements**, de **l'évolution des intrants sur parcelle**, de **des interactions avec l'élevage**, et de **la question de la conservation de la terre**. Ils sont traités dans la partie A.

Certains effets sont liés à l'évolution du phénomène de l'érosion : **dommages directs ou indirects sur les rizières**, **sédimentation des ouvrages hydrauliques**. Ils sont ressentis sur les périmètres irrigués des zones concernés. Nous les abordons dans la partie B.

Enfin, certains effets sont d'ordre plus généraux : **maintien des forêts**, **séquestration du carbone**, **évolution du régime hydrique**, et sont détaillés dans La partie C.

A. Effets qui intéressent directement les adoptants.

Nous présentons ici les effets perçus par les adoptants des techniques agro-écologiques. De façon logique, ces quatre effets peuvent être considérés comme des effets « sur site », et concernent des aspects très concrets du mode de vie paysan (rendements, main d'œuvre...).

On peut considérer que **le choix de l'adoption des techniques de SD pour un producteur se fait en fonction des critères qui vont suivre**. Il est donc essentiel de bien les maîtriser.

1. Evolution des rendements.

L'un des premiers arguments en faveur du semis direct est le maintien, voire la hausse des rendements de culture. Cet effet est confirmé dans toutes les lectures effectuées jusqu'à présent, bien que la hausse des rendements ne soit pas toujours significative. La première année de récolte peut présenter des différences notables, du fait du changement de technique agricole.

Au lac Alaotra, l'ONG Tafa (cf. I.A.3) propose des mesures faites sur parcelles expérimentales, **avec trois niveaux d'utilisation d'intrants. Certaines mesures sont donc représentatives de la réalité du terrain, et d'autres des potentialités du semis direct réalisé dans des conditions optimales**. Les rendements obtenus avec des itinéraires techniques pointus sont non représentatifs de ce qui est le plus diffusé actuellement.

Les chiffres proposés par BRL sur la même zone donnent les résultats des parcelles sur lesquelles des paysans ont déjà appliqué les techniques de semis direct. Les résultats obtenus semblent mettre en évidence une amélioration des rendements. Malheureusement, la surface totale de parcelles prises en compte est encore assez faible (de l'ordre d'un cinquantaine d'hectares pour environ 350 adoptants, chiffres 2001-2002, mais la diffusion est en forte progression, 75 ha pour la saison 2003-2004). D'autre part certaines parcelles sont sujettes à des problèmes imprévisibles (inondation, attaque de ravageurs). Pour l'instant, il semble tôt pour dégager des tendances générales d'évolution, même si on commence à obtenir des chiffres de suivi de parcelles sur quatre à cinq saisons, et ces chiffres montrent une tendance à la hausse.

En outre, à cette hausse des rendements peut s'ajouter, en fonction du type de technique adoptée, une production annuelle supplémentaire : [production de légumineuse \(qui peut-être vendue\)](#) ou [production de fourrage](#).

Enfin, il est important de noter que l'adoption des techniques SDCV permet d'obtenir des productions plus tôt dans l'année: Les prix de vente des produits sont alors plus élevés.

2. Evolution de la quantité d'intrants.

Le changement de pratiques culturales implique des modifications de l'utilisation des intrants. Sont considérés ici : emploi de main d'œuvre, de fertilisants et de désherbants.

Intrants chimiques.

En pratique, sur la zone considérée ici, les agriculteurs n'utilisent pratiquement pas d'intrants chimiques en cultures traditionnelles. [Dans les meilleures conditions, les techniques de SD demandent une utilisation d'intrants chimiques \(fertilisants, désherbants, traitement contre les ravageurs\).](#) Actuellement, sur les terroirs, les intrants sont vendus à crédit aux agriculteurs dans la limite des stocks. A terme, l'accès aux intrants concerne un plus vaste problème (organisations de crédits, filières d'approvisionnement).

Emploi de main d'œuvre.

Il est généralement admis que le passage aux techniques de semis direct libère du temps de travail, et redistribue les périodes d'activité au cours de l'année (élimination du sarclage notamment)(17). Comme expliqué dans la première partie, les techniques de SD sont appliquées sur *tanety* notamment. Or il existe des périodes de l'année (début de saison des pluies, période de récolte du riz irrigué) où les travaux sur *tanety* et en rizière se chevauchent, sachant que les agriculteurs effectuent en priorité les travaux en rizière. **La redistribution de l'emploi de main d'œuvre et sa diminution globale constitue donc un des avantages du SD.**

Remarquons également qu'une portion très variable de la main d'œuvre employée sur le lac Alaotra est familiale : concernant le travail rizicole par exemple, 44% de la main d'œuvre est familiale (26), et la main d'œuvre salariée est engagée sur les travaux de repiquage, sarclage, moissonnage battage.

Main d'œuvre salariée suivant le type de culture du riz (Dabat, 2001)

Système de riziculture améliorée ; système de riziculture intensive	Repiquage en foule Riz pluvial Tavy	Riz aquatique en semis direct
85-90jours (main d'œuvre/ha)	40-46 jours	20 jours

3. Interactions avec l'élevage.

L'Alaotra est [historiquement](#) une région d'élevage. Il n'existe pas d'éleveurs purs. Il n'y a pas non plus de circuits de transhumance. En revanche, il existe des mouvements saisonniers de déplacement des troupeaux entre les *tanety* et les rizières. Les animaux pâturent neuf mois dans les rizières et trois mois sur *tanety*. Or avec le SD, les parcelles sur *tanety* sont paillées en saison sèche.

L'interaction avec l'élevage constituera donc un problème si la divagation des animaux (bovins et volaille) n'est pas contrôlée sur les parcelles couvertes en contre saison. Actuellement, les parcelles couvertes sont considérées par tous comme des parcelles cultivées, et les dégradations restent donc accidentelles (23). Si l'adoption du SD doit se généraliser à une majorité des parcelles, il faudra prévoir une réelle évolution des pratiques **et prévoir notamment la gestion des parcours des animaux.**

A l'inverse, l'interaction avec l'élevage constituera un bénéfice si on met les techniques de semis direct à profit pour la culture fourragère (ce qui est prévu dans le projet BV-Lac Alaotra). Dans le cas du SD sur couverture vive, on peut envisager de produire une culture fourragère dont une partie peut servir à l'approvisionnement des animaux. **De plus, comme expliqué au I.B.2, la « colonisation des tanety » par des plantes fourragères constitue un point positif pour l'intégration de l'élevage.**

4. Conservation de la terre.

On s'intéresse ici à la perte de valeur de la terre au fil des années de culture. Vraisemblablement, le maintien des pratiques agricoles traditionnelles aboutit à une perte de valeur de la terre du fait de l'érosion, et à l'inverse, **l'agro-écologie permet de maintenir le potentiel des parcelles au fil des ans.** Quelle est l'importance réelle d'un tel effet pour un agriculteur ? On considère généralement que les agriculteurs sont caractérisés par une préférence pour le présent élevée. Cet effet peut avoir de l'importance si les adoptants envisagent de rester sur leurs terres ou de pouvoir la revendre ou la céder. Ici intervient donc fortement le contexte social de la zone : quel est le mode de faire-valoir des terres, la situation et les règles foncières sont-elles bien établies ? En pratique, le marché foncier est inexistant, et les ventes de terre sont exceptionnelles. (12) considère ainsi que l'existence d'un embryon de marché ne constitue pas une incitation suffisante pour s'attacher à la conservation de la terre.

B. Effets liés à l'érosion.

L'érosion est probablement l'un des points les plus fréquemment cités lorsqu'on aborde les problèmes de l'agriculture malgache. Or, il est clair que le passage aux pratiques agro-écologiques influe sur ce phénomène. Les techniques de SDCV semblent être tout à fait prometteuses en matière de limitation des phénomènes d'érosion. Elles proposent bien entendu des innovations dans le domaine purement agricole, mais également en matière d'élevage (production de cultures fourragères) et de reboisement. Nous présentons ici dans quelle mesure l'utilisation des techniques SDCV peut avoir des effets sur l'érosion.

Important : La question de l'érosion est préoccupante au Lac Alaotra, car elle a des conséquences sur la productivité des rizières de la zone. **Cette partie présente les effets du SD sur l'érosion. En complément, nous présentons en annexe une classification des effets de l'érosion sur les rizières,** afin de comprendre comment le phénomène de l'érosion influe sur les périmètres irrigués.

1. Effet des techniques SD sur l'érosion des parcelles de culture.

La couverture du sol protège ce dernier de l'agressivité des pluies, le non labour diminue les risques de pertes par ruissellement. La rotation de cultures et le choix approprié des plantes de couvertures (systèmes racinaires développés) assurent une bonne structuration du sol. Ainsi, même si on manque encore d'études très rigoureuses sur ces sujets, les observations faites sur le terrain montrent que les phénomènes de ruissellement sont très fortement réduits par SDCV, et que les pertes en terre en deviennent négligeables.

2. Effet des techniques SD sur l'érosion des *tanety*, par le biais de l'élevage et du reboisement.

« L'arsenal SDCV » contient un grand nombre de graminées et de légumineuses à vocation fourragère. Pour n'en citer que quelques unes, *Bracharia humidicola*, *brizantha*, *ruziziensis*, *Stylosanthes guyanensis* ou la vesce. Certaines d'entre elles sont particulièrement rustiques, peuvent pousser sur des zones très dégradées (*tanety* couvertes d'*aristida*), et/ou développent des systèmes racinaires puissants. **On lance donc actuellement des programmes de « colonisation » des *tanety* par certaines de ces variétés.** On envisage ainsi deux objectifs : l'amélioration des terrains de parcours des bovins, et la protection des *tanety* contre l'érosion.

En outre, on peut envisager des programmes de reboisement à partir de ce tapis protecteur : le travail du sol assuré par le système racinaire de ces plantes favorisera la poussée des jeunes arbres plantés en vue de reboisement.

Ainsi, en protégeant les *tanety*, en facilitant les possibilités de reboisement, les SDCV permettent de lutter contre les phénomènes d'érosion rencontrés (érosion en nappe, en ravines).

3. Effet des techniques SD sur le phénomène des *lavaka*.

Le *lavaka* est une forme très spectaculaire d'érosion, répandue autour du lac, et qui provoque d'énormes excavations sur les *tanety*. La taille et la profondeur de ces griffes d'érosion sont infiniment variables. La correction des *lavaka* est une opération lente, et des traitements successifs sur plusieurs années sont nécessaires. L'essentiel du travail de correction est mécanique, par la mise en place de barrages de retenue des sédiments, mais ces opérations s'accompagnent de traitements biologiques. Dans ce cadre, on peut mettre à profit certains acquis des techniques SDCV, en utilisant des variétés utilisées couramment comme couvertures végétales.

De cette façon, les techniques SDCV peuvent participer à la lutte contre le phénomène des *lavaka*.

C. Effets globaux.

Dans cette partie, nous présentons des effets d'ordre général. Ceux-ci doivent être étudiés à un niveau macroscopique, sur le long terme (une vingtaine d'années ?).

1. La question du reboisement.

Les techniques traditionnelles de défriche-brûlis impliquent une rotation des cultures avec mise en jachère d'une partie des terres. Le contexte du lac Alaotra se prête mal à ces techniques qui favorisent à terme la déforestation des *tanety*. Cependant ces techniques sont de moins en moins pratiquées autour du Lac, et la majeure partie des *tanety* est désormais déforestée. Aujourd'hui, les menaces qui pèsent sur les périmètres boisés sont plus dus aux feux de brousse répétés qu'à l'agriculture pionnière. La principale question à régler semble donc être celle de la gestion des feux de brousse.

Dans ce contexte l'adoption des techniques de SD au niveau paysan favorise une meilleure exploitation des parcelles. **L'agro-écologie pourrait donc favoriser la « fixation » des agriculteurs sur leurs parcelles, et limiter leur expansion.**

D'autre part, les techniques agro-écologiques peuvent constituer un excellent point de départ pour le reboisement de zones déforestées et non occupées par des parcelles de culture. La colonisation des *tanety* par des plantes de couverture utilisées dans des techniques SD peut en effet constituer un préalable à des mesures de reboisement (Cf. I.B.2).

Sur la zone considérée, les systèmes mixtes avec *tanety* prédominant (système 4, cf. première partie) sont des zones d'installation de migrants où l'on pratique une agriculture pionnière et où la volonté de s'approprier de la terre est manifeste.

On peut donc se demander si l'adoption et la réussite des techniques SDCV ne va pas pousser de nouveaux migrants à venir s'installer sur la zone, sous certaines conditions : qu'il existe encore une disponibilité foncière et qu'il soit socialement possible de s'approprier d'avantage de terres.

2. Séquestration du carbone.

C'est l'un des grands espoirs de la pratique du semis direct. Ces techniques permettent de stocker une plus grande quantité de carbone, à la fois en favorisant l'accumulation de carbone dans le sol et en limitant la minéralisation. On peut considérer **deux effets : un stockage durable dans le sol, suite à l'adoption de « bonnes pratiques » sur plusieurs années, plus un stockage avec variations annuelles** (dû à la mobilisation sur site de paillages et résidus de récolte, à la culture de légumineuses de contre-saison).

Dans le contexte du protocole de Kyoto, la séquestration du carbone de façon durable revêt tout son intérêt. Cet effet serait même susceptible d'intéresser directement l'adoptant, pourvu qu'il existe des mécanismes de subvention, ce qui n'est absolument pas à l'ordre du jour. Au niveau international, il n'existe pour l'instant pas de mécanismes de financement. A priori, seul le stockage durable dans le sol est susceptible de faire l'objet de subventions (19). Des mesures à ce sujet sont en cours à Madagascar (menées par l'IRD), car les chiffres évoqués sont très variables en fonction de la pratique culturale utilisée, et du mode de comptabilisation .

3. Evolution du régime hydrique.

A l'image du couvert forestier, l'agro-écologie restaure une couverture permanente sur les parcelles. Or, on constate que la disparition du couvert forestier augmente les débits annuels des rivières et la fréquence des crues (ce dernier point est cependant contesté)(10). On est donc en droit de se demander **si l'agro-écologie, en restaurant une couverture végétale, influe favorablement sur le régime hydrique d'une zone.** A notre connaissance, aucune étude n'a été lancée au Lac Alaotra afin d'étayer cette hypothèse. Nous n'avons pas non plus trouvé d'études similaires sur une autre région du monde. Quoi qu'il en soit, dans ce domaine, il semble difficile d'obtenir des résultats probants en se restreignant sur une seule zone, car une zone d'étude n'est pas parfaitement uniforme au niveau de sa couverture végétale (entièrement défrichée, ou entièrement exploitée sous couvert végétal...). Les études sont donc d'ordre statistique, et constatent plutôt des tendances générales d'évolution dans diverses situations. La diffusion des techniques de SD étant récente au lac Alaotra, il est peut-être encore prématuré pour dégager une tendance d'évolution générale.

III. Éléments de réflexion sur l'évaluation économique.

Après avoir énoncé quelques éléments clés relatifs à l'application de l'évaluation économique au Lac Alaotra, nous nous intéressons ici à la façon dont l'analyse économique pourrait être conduite dans le cas des effets liés à l'érosion et des effets sur site.

A. Rappels théoriques.

1. Analyse économique et analyse financière.

Nous avons vu que tous les effets que nous présentons dans ce rapport ne sont pas nécessairement perçus par les adoptants des techniques agro-écologiques. Dans le cadre d'une analyse financière, seuls certains effets seront à prendre en compte : il s'agit des effets qui intéressent directement les adoptants : conservation de la terre, évolution des rendements, quantité d'intrants, interaction avec l'élevage¹. Il est important de soulever ce point, car dans les projets qui nous concernent, le choix pour les producteurs d'adopter ou non les nouvelles techniques est tout à fait délibéré. Ce choix se fera donc en ne tenant compte que de ces effets du SD, et non des autres. En revanche, les autres effets pourront être comptabilisés dans le cadre de l'analyse économique du projet, pourvu qu'on puisse les quantifier.

2. Types d'approches de mesure utilisés ici.

Au travers des documents examinés au cours du stage, les méthodes d'évaluation économique au Lac Alaotra se basent sur des approches classiques de changement de productivité, de coût de remplacement, de coûts d'opportunités. La faiblesse de certaines évaluations économiques réside dans les hypothèses sous-tendant les scénarii d'évolution, et surtout dans l'origine des chiffres utilisés pour établir les calculs, principalement concernant les mesures d'érosion et de ses effets.

Plusieurs évaluations économiques des effets de l'érosion (sur site ou hors site) basent leur travail sur des enquêtes auprès de la population². L'idée est de recueillir un maximum d'informations, sur des paramètres variés pouvant influencer sur le rendement des parcelles (taille du ménage, type de technique agricole utilisée, ancienneté de la parcelle, situation géographique de la parcelle...et bien entendu, rendement de la parcelle). Sur la base de ces différentes variables, on définit une fonction de production (fonction linéaire, fonction « logit ») et **on détermine ainsi, de façon purement statistique, l'influence de chacun des paramètres sur le rendement des parcelles considérées.**

Cette méthode demande un travail d'enquête fastidieux, gomme les particularités propres à chaque parcelle, et présente l'avantage d'essayer de prendre en compte de nombreux facteurs pouvant influencer sur l'érosion. En outre cette méthode permet de contourner la difficulté d'obtenir des mesures chiffrées sur l'érosion, et de retranscrire ces dernières en terme de conséquences sur les périmètres irrigués.

¹ A ces effets, on peut éventuellement ajouter les dommages directs et indirects sur rizières, pourvu que les adoptants possèdent à la fois des parcelles sur *tanety* et sur périmètres irrigués, ce qui est assez répandu (cf. zonage agro-écologique).

² Citons notamment (10), qui essaie d'évaluer les effets de la déforestation sur les périmètres irrigués.

B. Le cas des effets liés à l'érosion.

1. Des relations à éclaircir.

Deux éléments nous paraissent essentiels dans la prise en compte des problèmes d'érosion : **la relation entre pratiques culturelles et érosion d'une part, et la relation entre érosion et dommages sur les rizières et les ouvrages hydrauliques d'autre part.** Cette deuxième relation a été abordée dans la partie précédente (II.B.). Si elle n'est pas fondamentalement remise en cause dans la littérature, nous n'avons trouvé que peu d'articles essayant de détailler au mieux par quels moyens l'érosion provoquait des dommages sur les périmètres irrigués (ce que nous avons appelé par exemple dommages directs et indirects). On a l'impression que **le phénomène de l'érosion est appréhendé comme un phénomène global, souvent sans tenir compte de la diversité de ses effets.**

En outre, la relation entre pratiques culturelles et érosion est délicate à préciser : l'existence de cette relation est évidente, mais il est difficile d'obtenir des chiffres fiables dans ce domaine. Nous abordons ce point dans la partie suivante.

2. Mesure physique de l'érosion.

La mesure de l'érosion peut se faire à deux niveaux principalement : mesure à la parcelle ou mesure à l'échelle d'un bassin versant. Comme le phénomène d'érosion est directement lié au régime de précipitation, les mesures effectuées comprennent une approche hydrologique. Au niveau de la parcelle, on peut effectuer des mesures du ruissellement, afin de déterminer un coefficient de ruissellement, ainsi que le taux de matières en suspension (*suspended load*) et la quantité d'alluvions de fond (*bed load*).

En revanche, **il est impossible d'extrapoler des mesures d'érosion à la parcelle à l'échelle d'un bassin versant tout entier.** Il est donc absolument nécessaire de mettre en œuvre des dispositifs de mesure sur bassin versant. Ces dispositifs comprennent une station de jaugeage et des bacs à sédiments. L'installation de tels dispositifs devrait permettre d'obtenir des données sur l'érosion, à mettre ensuite en relation avec les pratiques culturelles sur la zone. Plus ces pratiques sont homogènes, plus il est possible de préciser la relation entre érosion et pratiques culturelles.

Cependant, il faut garder à l'esprit que l'étendue et le type de pratiques culturelles ne sont bien entendu pas les seuls facteurs à pouvoir influencer sur l'érosion : la taille¹ et la configuration du bassin versant, le régime hydrique peuvent notamment avoir une influence. En tout état de cause, il est donc souhaitable de disposer de plusieurs bassins versants tests, afin de clarifier l'ensemble de ces relations. **Etant donné la variété des bassins versants, et le nombre de paramètres à considérer dans l'étude de l'érosion, il est souhaitable de ne pas transposer de résultats d'un bassin à un autre.** C'est pour cela qu'il semble impossible de faire l'économie d'études complètes pour chaque zone.

D'autre part, la zone du Lac Alaotra est particulièrement affectée par le phénomène d'érosion en *lavaka*. De nombreuses études ont été menées sur la genèse et la vie des *lavaka*. **Ce phénomène possède des origines multiples, mais ne semble pas directement lié à l'exploitation agricole des *tanety*².** Ce phénomène induit le déplacement d'importants volumes de sédiments et participe bien entendu à l'ensablement généralisé de la zone. On

¹ Suite à une étude comparative de six bassins versants en Asie, (6) constate que plus le bassin considéré est vaste, plus les effets de l'érosion semblent « dilués », mettant ainsi en évidence l'influence des facteurs topographiques sur la perception du phénomène de l'érosion.

² Les principaux facteurs anthropiques identifiés dans la genèse des *lavaka* sont la déforestation et les feux de brousse. Les principaux facteurs « naturels » sont le régime des précipitations et la nature du sol.

considère sur la zone du Lac que 40 % de l'ensablement provient des *lavaka*, le reste provenant des phénomènes d'érosion classiques.

3. Mesure et perception des effets de l'érosion, quantification.

Une fois précisée la relation entre pratiques culturales et érosion, on peut chercher à mesurer, puis à quantifier économiquement les effets de l'érosion. Concernant les dommages sur les barrages, il est possible d'en suivre la sédimentation à l'aide d'un échosondeur, et d'en déduire la baisse de la durée de vie. On pourra utiliser une approche par coûts de remplacement des ouvrages.

Pour les dommages sur les rizières, il est difficile d'obtenir des chiffres probants en fonction des effets considérés, et il serait probablement difficile de mesurer séparément les différents effets de l'érosion. De même, **il est nécessaire de clarifier la responsabilité d'autres facteurs tels que topographiques ou climatiques dans les dommages sur rizières**. Ici aussi une approche statistique (telle que (10),(11)), en comparant de nombreuses parcelles et en intégrant plusieurs facteurs en plus de l'érosion, permettrait d'obtenir une estimation du « poids » de l'érosion dans les baisses de productivité des rizières.

A ce sujet, **il semble que la responsabilité de l'érosion sur la baisse de productivité des rizières soit bien perçue par les agriculteurs**. Plusieurs écrits mentionnent la perception des ces effets hors site, au travers de résultats d'enquêtes auprès de riziculteurs : Les agriculteurs constatent l'ensablement des parcelles et la baisse de productivité qui en découle.

Dans le contexte du lac Alaotra où les effets de l'érosion peuvent être ressentis sur site ou hors site, il paraît nécessaire de bien préciser « qui perçoit quoi », afin d'éviter la confusion.

C. Le cas des effets sur site.

1. Mesure des rendements.

La mesure des effets sur site passe par la mesure de la variation des rendements en fonction du type de pratique. Comme expliqué précédemment (II.C.1), on ne dispose pas encore d'un recul satisfaisant pour estimer l'évolution des rendements en technique de SD à Madagascar. **Il est souhaitable de disposer d'un nombre conséquent de parcelles suivies en SD à moyen terme, afin d'ébaucher des scénarii d'évolution à plus long terme¹**. A priori, le rendement des parcelles SD est stable, voire augmente, tandis que celui des parcelles traditionnelles diminue progressivement, jusqu'à l'abandon de la parcelle et l'exploitation d'une nouvelle. La modélisation doit bien sûr tenir compte de ce genre de pratique d'abandon et d'exploitation d'une nouvelle parcelle.

L'approche économique la plus adaptée à cet effet est celle du changement de productivité². Bien entendu, afin d'évaluer les bénéfices retirés par le producteur, il faut également considérer l'évolution des intrants, **de la quantité de main d'œuvre, et du prix de vente des produits (Cf. II.A.1).**

¹ En l'absence de connaissances suffisantes, on considère généralement que dans une situation « avec projet », la production se maintient au même niveau.

² Dans une analyse financière, attention à bien considérer qu'une partie non négligeable des productions sont auto-consommées.

2. La question de la main d'œuvre.

Les techniques agro-écologiques sont diffusées sur la zone du Lac Alaotra depuis moins de 10 ans, mais on dispose de données assez nombreuses sur les changements en temps de travail (17),(18)¹. Par contre, les valeurs varient d'une source à l'autre, et on ne dispose pas toujours du détail des données. Or, le coût est variable suivant le type de main d'œuvre à réaliser et suivant la période à laquelle les travaux sont effectués, de l'ordre du simple au double entre une opération de nettoyage de parcelle et une opération de labour par exemple (BRL). Plusieurs éléments sont donc à prendre en compte lors de l'évaluation économique de l'évolution de la quantité de main d'œuvre : la spécificité des travaux et leur place dans le calendrier, la part de main d'œuvre salariée pour chacune de ces tâches, et enfin le chevauchement des temps de travaux entre périmètres irrigués et parcelles sur *tanety*, qui devrait se traduire par des variations au niveau des coûts d'opportunité du travail. Dans le cadre d'une analyse économique du projet, il serait également souhaitable de considérer les effets de l'adoption du SD sur les salariés agricoles : la diminution des besoins en main d'œuvre ne risque-t-elle pas d'augmenter la proportion de personnes sans travail ?

Il paraît également intéressant d'essayer de prévoir c

3. Le problème du risque.

D'un point de vue économique, **les producteurs sont caractérisés par une préférence pour le présent élevée, et une forte aversion au risque**, étant donné l'importance que revêt l'agriculture pour eux : une partie importante de leur production est auto-consommée.

Il semble pourtant que les producteurs soient prêts à tester des innovations, devant la réussite des parcelles cultivées en SDCV. Or, **la(les) première(s) année(s) de culture en SD comporte(nt) des contraintes non négligeables**, en fonction des itinéraires choisis : il peut s'agir de la couverture des parcelles, ou de la réalisation de travaux d'écobuages, qui vont impliquer un travail supplémentaire. D'autre part, les itinéraires proposés à la diffusion requièrent pour certains un apport de semences et d'intrants chimiques. Mais les agriculteurs sont peu disposés à déboursier de l'argent, à moins d'être assurés du retour sur investissement, à savoir une récolte suffisamment réussie pour pouvoir en revendre une partie².

D'autre part, les rapports de suivi font état d'attaques régulières de ravageurs. Les parcelles en SD sont en effet mises en valeur plus tôt, et si elles donnent de meilleurs résultats, elles seront préférentiellement prises pour cibles par les ravageurs. Ce problème devrait s'atténuer si les techniques SDCV se généralisent. Enfin, la question des accidents suite à la divagation des bovins ou de la volaille constitue un dernier risque propre aux parcelles mises en valeur en SD³.

Ces éléments sont à prendre en compte dans le cas d'une analyse fine des conditions d'adoption des techniques agro-écologiques, à mettre en balance avec les bénéfices potentiels à terme.

¹ BRL et Tafa proposent dans leurs rapports annuels les principaux chiffres : évolution de la surface cultivée en SD, évolution des rendements, temps de travail.

² A cet effet, le projet BV-Lac essaie de promouvoir le recours aux organismes de micro-crédit pour faciliter aux agriculteurs l'accès aux intrants.

³ Des solutions à ces problèmes existent, en matière de gestion concertée.

Conclusions.

Adoption des techniques agro-écologiques.

Nous avons vu que le choix de ces techniques implique plusieurs conséquences. A l'image de la classification que nous avons proposé, il est important de réaliser que **tous les effets n'intéressent pas les mêmes acteurs**. Certains effets concernent particulièrement les adoptants n'ayant que des parcelles sur tanety, d'autres les riziculteurs, d'autres encore l'Etat ou les organisations internationales.

En outre, nous constatons qu'**il est difficile de mesurer l'étendue de ces effets**. Le SD constitue une vraie révolution agronomique. Ces techniques sont désormais très bien maîtrisées dans certains pays comme le Brésil. Mais à Madagascar, on manque probablement encore de recul pour estimer et envisager la portée d'un tel changement s'il devait se généraliser. **La dimension sociale est ici considérable** : situation foncière et démographique, pratiques usuelles d'élevage, situation de la main d'œuvre sont autant d'éléments à prendre en considération dans l'analyse.

Le projet BV-Lac, la prise en compte de l'érosion.

L'idée de considérer les bassins versants dans leur ensemble provient de la volonté de mieux prendre en compte le problème de l'érosion. Malheureusement, on constate un manque de connaissance, et un manque de mesures pertinentes du phénomène de l'érosion, **même si d'importantes séries de mesures ont été entreprises dans les années 60-70**. Si les méthodes de mesure de l'érosion elles-mêmes sont sujettes à discussion, il existe des régions du globe où les scientifiques disposent maintenant d'un volume important de données, qui permettent d'**éclaircir la relation entre pratiques culturelles et érosion**. Il serait souhaitable de parvenir à une situation similaire à Madagascar, ce qui impliquerait des investissements sur plusieurs années en matière de dispositifs de mesure. **Pourtant, la gravité des conséquences de l'érosion au Lac pousse également à agir dès à présent, sans attendre les résultats de mesure qui ne seraient pertinents qu'au bout d'une dizaine d'années.**

Il nous a semblé au cours du stage, que le phénomène de l'érosion était généralement considéré dans son ensemble, sans rentrer dans le détail de la variété des impacts « hors site » de l'érosion **et de leur origine**. Afin de mieux percevoir ce problème, il nous semble donc nécessaire de **préciser la relation entre érosion sur tanety et dommages en contrebas**, qui influent sur la productivité des rizières.

La question de l'évaluation économique.

Du fait du peu de recul dont nous disposons, l'ébauche de scénarii d'évolution, afin d'imaginer une projection à plus ou moins long terme, reposera nécessairement sur des données incomplètes. Peut-être est-il donc souhaitable de choisir des hypothèses prudentes, notamment concernant l'évolution des rendements et les effets sur les rizières.

Pour estimer la valeur des ces effets, au vu de la variabilité des contextes, **il semble souhaitable d'avoir recours à des approches statistiques**, permettant de balayer un large spectre de situations, et d'estimer ainsi le « poids » de divers facteurs dans l'évolution des rendements de la zone.

La considération des effets globaux sera probablement la plus délicate. Mais l'importance éventuelle de ces effets (régime hydrique, maintien des forêts) implique une réflexion sur leur prise en compte économique.

La multitude des effets que nous avons présentés ici nous amène enfin à retenir deux points :

Tout d'abord, le travail bibliographique qui a été mené ici doit être complété et validé par une étude sur le terrain. Ceci permettra d'affiner l'analyse des effets.

Ensuite, afin d'y voir plus clair, il est indispensable de **déterminer l'importance relative de chacun des effets**. Et c'est bien là l'objectif de leur évaluation économique.

Annexe 1.

Tableau de classification des effets considérés

	Effets sur site	Perçu par l'adoptant	Biens privés	En lien avec l'érosion	Internalité
	Effets hors site	Non perçu par l'adoptant	Biens publics	Sans lien avec l'érosion	Externalité
Hausse des rendements					
Evolution de la quantité d'intrants					
Dommages directs sur rizières		Perçu si les rizières lui appartiennent.			
Dommages indirects sur rizières		Perçu si les rizières lui appartiennent.			
Sédimentation des ouvrages					
Conservation de la terre					
Interaction avec l'élevage					
Stockage du carbone					
Maintien des forêts					
Evolution du régime hydrique					

Annexe 2.

Présentation/Classification des effets de l'érosion sur la productivité des rizières.

1. Evolution des dommages directs sur rizières.

On parle ici de l'ensablement des rizières situées en contrebas des collines et subissant donc directement les retombées de l'érosion. Seules les rizières « au contact » des collines peuvent être concernées (systèmes 2 et 3 suivant le zonage agro-écologique proposé en première partie). L'irrigation n'est pas pratiquée sur ces deux systèmes, et les éventuels problèmes d'ensablement peuvent provenir des *tanety* alentour.

Cet effet est mentionné dans diverses études de terroirs (10,11,13) mais est assez modulable et le type de matière déposée dépend de la violence des pluies à son origine (10).

2. L'ensablement du lit des rivières et les ruptures de digue.

Les sédiments entraînés par l'érosion sur les *tanety* transitent par les rivières qui circulent en contrebas avant de se déposer plus en aval. En conséquence, les rivières de la zone sont très fortement ensablées, et les lits des rivières connaissent de profondes modifications au gré des déplacements du sable. Par exemple, sur la zone du PC15, la rivière Harave transporte 90 000 m³ de sable par an (source : BRL).

Les périmètres irrigués menacés par les crues des rivières sont protégés par des digues. Les cas de rupture de digue peuvent entraîner l'ensablement quasi immédiat et parfois définitif de plusieurs hectares de rizières. Les opérations de rétablissement des digues sont donc menées dans l'urgence et coûtent très cher. Les dégâts au cours de l'année 2001-2002 sur la zone du PC15-Vallée Marianina ont entraîné une dépense d'environ 1 milliard de Fmg.

D'autre part, les méandres créés dans les lits de rivières par les dépôts de sable provoquent des phénomènes d'érosion au pied des digues et les fragilisent. Les travaux d'entretien sur cette même zone ont coûté de l'ordre de 2 milliards de Fmg en 2001 et 2002.

3. Evolution des dommages indirects sur rizières.

A l'échelle du bassin versant, l'un des effets indirects de l'érosion est la baisse du débit des eaux destinées à l'irrigation, dû à l'endommagement des ouvrages hydrauliques.

Ceci peut être dû à deux éléments :

1) **La sédimentation dans les canaux provoque un débit irrégulier :**

La sédimentation provient de la qualité de l'eau transportée : l'eau qui circule en provenance des barrages et des rivières est chargée en sédiments. La faible vitesse de l'eau dans les canaux entraîne le dépôt des matières en suspension, et obstrue rapidement les canaux. La quantité d'eau disponible pour les rizières est alors limitée, et des travaux de curage sont nécessaires chaque année, ce qui entraîne des coûts d'entretien importants. Cependant pour la zone considérée ici, les coûts annuels restent assez faibles (de l'ordre de 3000 Fmg/Ha, source : BRL)

2) **La sédimentation dans les retenues d'eau limite le stock d'eau disponible:**

- a) Comblement de la réserve inutilisable (ou culot, *dead storage*) : ceci n'a pas d'effet sur le stock d'eau mobilisable.
- b) Eventuellement, comblement de la réserve utile (*active storage*) : ceci a un effet sur le stock d'eau mobilisable .

On doit donc considérer deux dommages : irrégularité du débit des eaux (à relier au 1.) et diminution du stock d'eau (à relier au 2.b.).

Les deux effets entraînent une mauvaise irrigation des rizières. Concernant le deuxième, les rapports étudiés sur le lac Alaotra affirment que la quantité d'eau disponible est théoriquement suffisante pour l'alimentation du réseau. Le problème 2.b. n'interviendrait donc pas ici.

D'autre part, quelle est l'importance de 2.b. comparativement aux problèmes dus aux variations des précipitations ? Il existe de très forts écarts types en début (novembre) et fin (mars) de saison des pluies. Par exemple, sur la zone de PC 15 (une des zones du projet BV-lac), **il semble que la disponibilité en eau dépend essentiellement des variations de précipitations, et que l'effet de la sédimentation dans les retenues est minime.**

4. La question de la sédimentation dans les ouvrages hydrauliques, baisse de leur durée de vie.

Attention à distinguer cet effet de l'effet 2.b. présenté ci-dessus. On s'intéresse ici à un effet : la sédimentation, qui produit une baisse de la durée de vie des ouvrages (barrages). En effet, la construction des ouvrages est faite en prévoyant un certain niveau de sédimentation annuel, et donc un comblement progressif de la réserve inutilisable. Si les taux de sédimentation sont supérieurs, le comblement s'effectue plus rapidement et limite donc la durée de vie de l'ouvrage. Par exemple au lac Alaotra, le barrage de Bevava subit de graves conséquences de la dégradation de son bassin versant ; la rivière d'Antanifotsy qui l'alimente transporte environ 250 000 m³ de sédiments selon les études bathymétriques du CACG en 2000 alors que des mesures de l'ORSTOM en 1956 et 1957, les quantifiaient à 150 000 m³/an.

Bibliographie.

Analyse économique

1. **The economics of soil erosion : Theory, Methodology and examples**, Barbier E. Communication, Novembre 1995.
2. **Economic Analysis and environmental assessment**, World Bank, environment department, communication, Avril 1998.
3. **Economic Analysis of incentives for soil conservation**, World Bank, Septembre 1998.

Etude de l'érosion hors Madagascar

4. **Land degradation problem in el Salvador**, Pagiola S., World Bank, 1998
5. **Méthodologie d'évaluation économique des externalités créées par les techniques de culture en semis direct en Tunisie**, Demailly D., AFD, rapport de stage, Avril 2003.
6. **Catchment approach to managing soil erosion in Asia**, IWMI, ADB, Avril 2003.
7. **Factorial analysis of runoff production and soil erosion from MSEC's catchments**, Chantavongsa, A., Chaplot, V., IRD, IWMI, Septembre 2003.

Evaluations économiques à Madagascar

8. **Domage hors site de l'érosion : les effets de l'ensablement sur la production rizicole (étude de cas dans la commune d'Ambohitrarivo)**. Joceline Julie Solonitoompoarinony, PAGE/USAID/Université d'Antananarivo, Mai 2001.
9. **Les bénéfices sur site de la conservation des sols d'après une approche de changement de productivité. Cas des hauts plateaux de Madagascar**. Lalaina Randrianarison, PAGE/USAID/Université d'Antananarivo, Avril 2001.
10. **Etude d'impact de la déforestation sur la riziculture irriguée, Nord est de Madagascar**. Brand J., Minten B., Randrianarisoa J-C., ILO/Cornell/ONE/PAGE, Juillet 2002.
11. **Evaluation économique des bénéfices hydrologiques du programme Environnement III à Madagascar**. Rakotoarison Hanitra Faratiana, mémoire de fin d'études, Mai 2003

Rapports et documents internes AFD, TAFA, BRL...

12. Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matière de conservations des sols à Madagascar, région du Lac Alaotra. Be Martial V. et al. ONE/FOFIFA, Novembre 1996.

13. Bilan et évaluation des travaux et réalisations en matière de conservations des sols à Madagascar, région Sakay. Randriamahonina H. et al. ONE/FOFIFA, Décembre 1996.

14. Etude de faisabilité d'un projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au Lac Alaotra. CACG, Avril 2000.

15. Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants du lac alaotra, Madagascar, rapport d'évaluation. Jullien F., AFD, Novembre 2000.

16. Projet de développement des techniques agro-écologiques, Madagascar, rapport d'évaluation. Jullien F., AFD, Octobre 2001.

17. Diffusion des techniques de semis direct sur couverture végétale au lac Alaotra. Rapport de campagne de saison 2001-2002, BRL, Septembre 2002.

18. Rapport de campagne 2001-2002. Région du Vakinankaratra. Michellon R. et al., ONG TAFA, rapport interne, Juin 2003.

Stockage du Carbone

19. Stocker du carbone dans les sols agricoles en France ? Synthèse du rapport d'expertise réalisé par l'INRA. Arrouays D. et al., INRA, Octobre 2002.

20. Et si on avait sous-estimé le potentiel de séquestration pour le semis direct ? Seguy L. et al., communication, 2003.

Etudes de terroirs

21. La diffusion des techniques de gestion agrobiologique des sols dans la région du Lac Alaotra. Darie E., CIRAD, INAPG, rapport de stage, Aout 1999.

22. Analyse de l'adoption du système de culture sous couverture végétale au Lac Alaotra. Olivier D., CIRAD, ENSAT, rapport de stage, Octobre 2000.

23. Caractéristiques agraires d'un terroir villageois des Hautes Terres malgaches et conditions d'adoption des systèmes de culture SCV, Goudet M., CNEARC, CIRAD, ENSAT, rapport de stage, octobre 2003.

Divers

24. La riziculture malgache revisitée : diagnostic et perspectives. Hirsch R., AFD, Décembre 1999.

25. Analyse-diagnostic de la filière régionale riz du Lac Alaotra. FAO, Avril 2000.

26. Améliorer la productivité du travail dans la riziculture pour lutter contre la pauvreté à Madagascar. Bockel L., Dabat M-H, février 2001.

27. La pauvreté à Madagascar, état des lieux, facteurs explicatifs et politiques de réduction. Dabat M-H., Cirad, 2001