

**La durabilité est elle soluble dans le développement ?  
L'adoption des techniques de conservation de  
l'agriculture dans un contexte d'incertitudes multiples  
au lac Alaotra, Madagascar.**

E. Penot, E. Scopel, R. Domas, K. Naudin

► **To cite this version:**

E. Penot, E. Scopel, R. Domas, K. Naudin. La durabilité est elle soluble dans le développement ? L'adoption des techniques de conservation de l'agriculture dans un contexte d'incertitudes multiples au lac Alaotra, Madagascar.. Colloque : "Agir en situation d'incertitude" Quelles constructions individuelles et collectives des régimes de protection et d'adaptation en agriculture? Thème 2: Les agriculteurs/éleveurs en situation d'incertitude., Nov 2010, Montpellier, France. cirad-00768359

**HAL Id: cirad-00768359**

**<http://hal.cirad.fr/cirad-00768359>**

Submitted on 21 Dec 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Colloque « Agir en situation d'incertitude »

Quelles constructions individuelles et collectives  
des régimes de protection et d'adaptation en agriculture ?

Du 22 au 24 novembre 2010, Agropolis, Montpellier

### Thème 2 : Les agriculteurs/éleveurs en situation d'incertitude

#### **La durabilité est elle soluble dans le développement ? L'adoption des techniques de conservation de l'agriculture dans un contexte d'incertitudes multiples au lac Alaotra, Madagascar.**

Penot Eric, CIRAD,UMR Innovation.URP SCRID ; Scopel Eric, CIRAD, URSCA/SCRID, Domas Raphael, BRL Madagascar,.Naudin Krishna CIRAD, URSCA/SCRID, CIRAD DR, BP 853, Anpandrianomby, 101, Antananarivo, Madagascar , [penot@cirad.fr](mailto:penot@cirad.fr), [Scopel@cirad.fr](mailto:Scopel@cirad.fr), Naudin@cirad.fr

#### **Résumé**

Madagascar se caractérise par une population essentiellement rurale (80 %) pour laquelle la production de riz reste prépondérante. Historiquement, la riziculture irriguée a été et reste la priorité des producteurs pour les paysans du lac Alaotra, La forte pression démographique et le manque de foncier disponible pour les différents type de riziculture aquatique a forcé les producteurs à coloniser les *tanety* (sols exondés de colline) depuis le début des années 1980. Les performances agronomiques des principales cultures pluviales sont limitées par une pluviométrie et une durée de la saison des pluies très aléatoires, des sols généralement peu fertiles et fragiles, souvent dégradés par l'érosion et la vaine pâture. Cette agriculture pluviale s'assimile souvent à une agriculture « minière » Outre les risques climatiques, le risque économique est permanent avec une importante volatilité des prix agricoles et des intrants. Enfin, l'incertitude est également devenue politique depuis les événements de janvier 2009,

Les techniques de semis direct avec couverture végétale (SCV) sont basées sur le non labour et le semis direct, l'utilisation de plantes de services (multiples) permettant un mulch et la rotation des cultures. Elles constituent de fait un véritable changement de paradigme pour les producteurs : en introduisant le concept d'une agriculture durable et en modifiant complètement les pratiques culturales avec une refonte complète des stratégies d'utilisation des facteurs de production,

Cette communication présente une première analyse des processus d'innovation, d'adoption, de rejet ou d'adaptation liés aux systèmes de culture SCV dans ce contexte d'incertitude multiples. On analysera les nouveaux systèmes en recomposition en termes de résilience, de vulnérabilité et la réponse apportée aux situations d'incertitude. Si la plupart des stratégies paysannes sont individuelles, le recours à l'agriculture de conservation, d'une part pour combattre le risque et d'autre part pour maintenir le système productif et son environnement, implique des stratégies collectives sur l'accès aux services.

## Introduction

Madagascar se caractérise par une population essentiellement rurale (80 %) pour laquelle la production de riz prépondérante. La production de riz par habitant est passée de 209 kg/an en 1950 à 225 en 1981 après un pic à 290 kg/an en 1970, puis est retombée en 2008 à 113 kg/an, du fait du doublement de la population tous les 20 ans. Le pays n'est pas autosuffisant malgré une production de 3,392 million de tonnes de paddy en 2005 et importe du riz (250 000 tonnes en moyenne soit 10 % de la consommation totale de riz blanc (Rurastruc, 2008), mais aussi du blé et du maïs.

Historiquement, la riziculture irriguée a été et reste la priorité des producteurs pour les paysans du lac Alaotra, notre région d'étude : une plaine lacustre entourée de collines très dégradées avec 100 000 hectares de rizières dont 32 000 irriguées aménagées (type Somalac, 28 000 ha irriguées aménagées par les producteurs eux-mêmes et 48 000 ha inondées avec mauvaise maîtrise de l'eau (RMME). Les cultures exondées dans les collines (*tanety*) couvrent plus de 50 000 hectares dont 40 000 en sols de *baiboho*, sols colluviaux avec remontée capillaire de l'eau en saison sèche autorisant les cultures de contre saison. La zone du lac Alaotra est considérée comme un grenier à riz avec une situation foncière relativement stabilisée dans la plaine mais en extension dans les *tanety*. (zone de front pionnier). La forte pression démographique et le manque de foncier disponible pour les différentes types de riziculture aquatique a forcé les producteurs à coloniser les *tanety* environnantes depuis le début des années 1980. Les performances agronomiques des principales cultures pluviales sont limitées par une pluviométrie et une durée de la saison des pluies très aléatoires, des sols généralement peu fertiles et fragiles, souvent dégradés par l'érosion et la vaine pâture d'un cheptel bovin très important.

Outre le risque climatique, le risque économique est permanent avec une importante volatilité des prix agricoles et des intrants. Les filières d'approvisionnement local ou d'exportation ont été partiellement détruites ou sévèrement amoindries par 40 années de politiques gouvernementales mouvantes (socialisme de 1975 à 1991, puis retour à un libéralisme plutôt « sauvage » de 1991 à 2010) créant une situation d'insécurité pour les intermédiaires collecteurs et grossistes à la fois pour la commercialisation des intrants et des produits de l'agriculture. Enfin, l'incertitude est également devenue politique depuis les événements de janvier 2009 (émeutes) et le renversement du régime en mars 2009, aboutissant à l'absence de politique agricole claire et un manque d'état de droit autorisant souvent de nombreuses dérives (reprise des feux de brousse, coupe illégale des bois de valeur, vols d'animaux, rackets...par exemple). Les producteurs font ainsi face à un contexte d'incertitudes multiples interférant fortement sur leur mode de décision et d'organisation. L'instabilité des structures étatiques depuis 18 mois renforce l'incertitude générale, modifie les perceptions des acteurs (commerçants et paysans) par rapport au risque et génère une attitude attentiste prudente. Dans ces conditions l'agriculture pluviale s'assimile souvent à une agriculture minière avec des rendements décroissants d'année en année avec les systèmes traditionnels et une agriculture de subsistance très peu intensive et peu performante.

Cette communication présente une première analyse des processus d'innovation, d'adoption, de rejet ou d'adaptation liés aux systèmes de culture SCV dans ce contexte d'incertitude multiples. L'objectif est d'observer les systèmes réellement mis en place par les producteurs puis de mesurer l'impact technique et économique des changements. La méthodologie s'appuie sur un réseau de fermes de référence permettant en premier lieu la quantification par la modélisation de l'impact économique des changements techniques ou organisationnels. Par ailleurs le suivi de l'évolution des savoirs et des savoir-faire à travers l'analyse des pratiques paysannes permet d'analyser les processus d'innovation et dans quelle mesure ce changement de paradigme est effectif ou illusoire. Il est important de vérifier si la prise en compte, pourtant impérative à terme pour les producteurs, de la durabilité de la production et de l'utilisation des ressources peut s'inscrire dans les stratégies paysannes actuelles. On analysera les nouveaux systèmes en recomposition en termes de résilience, de vulnérabilité et la réponse apportée aux situations d'incertitude. On cherchera à mettre en lumière les pratiques de changement et la façon dont les agriculteurs s'adaptent à ces nouveaux enjeux : nourrir une population qui double tous les 18 ans sans augmentation de la pauvreté et résoudre l'équation « sécurité alimentaire/autoconsommation vs diversification/monétarisation de l'exploitation agricole ».

# 1 les alternatives actuelles au blocage de la production agricole : le nécessaire passage à une agriculture durable.

## 1.1 L'agriculture de conservation et les systèmes de culture avec semis direct et couverture végétale

Les techniques de semis direct avec couverture végétale (SCV) sont basées sur le non travail du sol, le semis direct, et l'incorporation de plantes de services dans la rotation (Husson 2010). Ces systèmes font partie des options d'« agriculture de conservation » et ont été testés pour la première fois en milieu contrôlés en 1998 au lac Alaotra. Ils sont potentiellement intéressants dans ce contexte d'incertitude car ils sont connus pour améliorer la valorisation de l'eau pluviale ainsi que la gestion de la fertilité sur le long terme (voir encadré 1).

### Encadré n°1 : Caractéristiques des systèmes SCV (s ource projet Pampa, collectif)

Dans ce contexte, les SCV (Système de culture sous couvert végétal) sont des systèmes de culture qui reposent sur les trois principes de base de l'Agriculture de Conservation (AC) (site FAO [www.fao.org/ag/ca/fr/](http://www.fao.org/ag/ca/fr/)) :

- limitation voire abandon du travail du sol ;
- protection physique du sol par une couverture permanente ou semi-permanente morte (mulch de résidus de récolte et/ou d'une plante de service) ou vivante (plante de service) ;
- rotation de cultures.

Dans cette définition, la plante de couverture est une plante de « services » multiples (mulch, protection contre l'érosion et adventices, vie biologique du sol, restructuration des sols etc ...).

En conditions tropicales, l'efficacité agronomique et écologique de ces systèmes ont fait l'objet de nombreux travaux qui ont mis en évidence à l'échelle de la parcelle cultivée : une réduction très nette du ruissellement et al. 2003) et de l'érosion (Lal, 2007) d'où une amélioration du bilan hydrique (Scopel et al. 2004), un enrichissement de l'horizon de surface en C et MOS<sup>1</sup> (Bernoux et al. 2006, Corbeels et al. 2006), une limitation du parasitisme des céréales par le striga et le contrôle de certaines adventices, une activation de la micro et de la macrofaune du sol favorable au recyclage du carbone et à la structure du sol (Brévault *et al* 2007, Blanchart et al. 2004). De ce fait les SCV s'inscrivent bien dans cette démarche d'intensification écologique évoquée ci-dessus. Toutefois, il faut rappeler que des SCV économiquement et agronomiquement performants, tout comme les systèmes de culture conventionnels (SCC) sans jachère, ont généralement recours à des intrants chimiques (engrais minéraux, phosphore et potasse plus particulièrement ; herbicides ; traitement accru des semences) et à des équipements plus ou moins onéreux (semoir spécifique, canne planteuse, épandeur d'herbicide) (Bolliger 2006, Ribeiro 2001). Le recours à ces intrants et équipements<sup>2</sup> est souvent indispensable et permet de faire face à des aléas : prolifération d'adventices, paillage pas assez épais, parasitisme, etc. En contrepartie ces pratiques accroissent la flexibilité agro-technique de ces systèmes de culture et permettent de constituer une gamme de SCV plus ou moins complexes capables de répondre aux objectifs et contraintes des producteurs. Mais la mise en œuvre de ces systèmes nécessite que les agriculteurs disposent de la trésorerie ou du crédit pour les réaliser et donc disposent des services agricoles correspondants.

Mais par ailleurs, les systèmes SCV constituent de fait un véritable changement de paradigme pour les producteurs. D'une part on introduit le concept d'une agriculture durable soucieuse d'un environnement fragile par rapport à une approche traditionnelle que l'on pourrait qualifier de « minière » à moyen terme sur les *tanety*. D'autre part, les pratiques culturales sont significativement modifiées en entraînant une refonte complète des stratégies d'utilisation des facteurs de production, Ils représentent une alternative possible pour une agriculture économiquement et écologiquement durable, adaptée aux différents contextes avec différents niveaux possible d'intensification dans une perspective de diversification du fait des rotations culturales et d'intégration agriculture-élevage. Si les techniques de l'agriculture de conservation permettent théoriquement de maintenir la production par la création d'un environnement plus favorable, elles permettent aussi d'ajuster le niveau d'intensification en fonction des possibilités d'investissement par une meilleur sécurisation de

<sup>1</sup> Matière Organique du Sol

<sup>2</sup> A la question de la rentabilité de ces inputs il faut ajouter celle de leur disponibilité dans les campagnes

l'utilisation des intrants et une meilleure garantie d'un bon retour sur investissement. Si la sécurisation des rendements fait partie intégrante des stratégies paysannes, les notions de durabilité technique ou environnementale ne font vraisemblablement pas partie des préoccupations paysannes mais plutôt de celles des chercheurs et développeurs. A la limite, la durabilité est une externalité pour les paysans. Le projet de développement Bassin versant Lac Alaotra (BV-lac/AFD) a été mis en place en 2003 pour assurer la promotion de ces techniques d'agriculture de conservation ainsi que des thèmes suivants : sécurisation foncière avec certification, approche globale territoriale du type « bassin versant » et renforcement des organisations de producteurs (voir encadré 2).

#### **Encadré n°2 : le projet BV-lac**

Dans la région du Lac Alaotra, elle est mise en œuvre depuis 2003 à travers le projet de mise en valeur et de protection des Bassin Versants du Lac Alaotra (BV Lac) financé par l'AFD. Il s'agit d'accroître et de sécuriser les revenus des producteurs, de préserver l'environnement et d'aider les producteurs à devenir les acteurs de leur développement. Les activités menées à cet effet sont les suivantes :

- la sécurisation foncière, condition importante aux actions de mise en valeur, de protection de l'environnement et d'amélioration de la productivité. Cette action ne concernant pour le moment qu'une zone de la région Ouest du lac dans le cadre du guichet foncier mis en oeuvre avec la commune d'Amparafaravolo;
- la préservation des écosystèmes: programme de reboisement associant des techniques d'agroforesterie et d'agroécologie, traitement des ravines et des lavakas, lutte contre les feux de brousse;
- la mise en valeur agricole, avec la promotion de techniques agroécologiques adaptée aux systèmes de production des paysans, ces techniques contribuant à réduire l'érosion et à reconstituer la fertilité des sols tout en permettant le développement de nouvelles activités productives (le maraîchage, les cultures de légumineuse, etc); des actions sont plus spécifiquement ciblées sur l'intensification rizicole grâce à l'accès aux intrants, la formation à des techniques culturales économes en semence, la diffusion de nouvelles variétés semencières (SEBOTA, FOFIFA). Enfin à partir de la saison 2004-2005, il a été mené une action de diffusion des variétés de riz à caractère poly-aptitude de type SEBOTA sur 200ha de rizière à mauvaise maîtrise d'eau qu'il est prévu de développer fortement;
- l'intégration de l'agriculture et de l'élevage, afin de réduire les fortes contraintes d'alimentation du cheptel bovin, et des actions d'amélioration de la santé animale (bovin et petits élevage).
- des travaux d'infrastructures de désenclavement, d'approvisionnement en eau potable et de construction/réhabilitation d'aménagement hydro-agricoles ayant un impact immédiat sur l'amélioration du fonctionnement du réseau d'irrigation de deux périmètres (PC 15 et Haute vallée de Marianina).
- le crédit rural, en lien avec une banque implantée dans la région (la BOA) et des institutions de micro-finance;
- la structuration paysanne (animation, formation, organisation et appui aux organisations paysannes).

Pour compenser la stagnation des rendements et des productions dans les zones traditionnelles inondées du lac, le développement d'une agriculture pluviale durable apparait comme une priorité. La surface rizicole par type morpho-pédologique est donnée dans le tableau 1. La production issue des surfaces en riz pluvial correspond à 27 % de la production du lac auxquels s'ajoutent 31% dans les RMME.

**Tableau 1 : répartition de la production rizicole par zone morpho-pédologiques en 2005**

\*(5 t. sur 5 ans irrégulière). Source Devèse, 2008 et Penot, 2010.

	Surface Maîtrise d'eau totale type périmètre irrigué PC 15 Somalac	Surface Maîtrise d'eau partielle type PC 23 (aménagement SOMALAC)	Surface avec maîtrise partielle d'eau aménagée par les producteurs eux-mêmes	Surface sans maîtrise d'eau	Riz pluvial Baiboho	Riz pluvial tanety	Total
Surface en ha	12 000	20 000	28000	42.000	40 000 dont 50 % en riz	25.000 ha tanety dont 50 % riz	165.000
Rendement en t/ha	4.5	2,5	2, 5	1 t/ha*	2	1	
Production paddy	54.000	50.000	70 000	42.000	40.000	12 500	268 500
En % de la production Totale	20 %	18,6 %	26	15,6 %	14,8 %	4 %	

Trois innovations majeures modifient actuellement les pratiques paysannes.

### 1.2 Le système d'innovation en RMME (rizières à mauvaise maîtrise de l'eau)

Une innovation majeure au lac a été l'adoption à très large échelle, en et surtout hors projet (diffusion spontanée), des variétés à caractère très flexible, ou poly-aptitudes selon certains, de type FOFIFA 154 ou SEBOTA en RMME. Les RMME se caractérisent par un manque ou un excès d'eau à une ou plusieurs parties du cycle du riz, un enherbement extrêmement contraignant et une variation des rendements allant de 0 à 3 t/a. L'opérateur SD-MAD suggère que sur 5 années en RMME : 1 est avec un bon rendement (3 t/ha) ; 2 avec un rendement médiocre (1 t/ha) et 2 sans production ; soulignant le caractère extrêmement aléatoire de ce type de riziculture, qui s'assimile le plus souvent à une rizière « loterie ». Plus de la moitié des superficies des anciens périmètres aménagés du temps de la colonisation (entre 15 et 20 000 ha) sont également en RMME. Une partie importante de ces RMME peut finalement être cultivée en mode pluvial et non avec des variétés de type irrigué. Sur ce type de rizière, les facteurs permettant d'assurer une production sont : un cycle court, une variété plus flexible qui peut commencer son cycle en irrigué et le terminer en pluvial (ou le contraire), et le respect des dates clés du cycle. Si ces conditions sont respectées la production peut être régulière, avec une moyenne de 2 tonnes de riz/ha/cycle. Sur un pas de temps de 5 ans la production est multipliée par 2 tous en assurant la régularité de la production (de 5 à 10 tonnes sur 5 cycles). Devant le coût des semences de SEBOTAS et la nécessité de les associer à des engrais devenus très chers (doublement du prix en 2008), notre enquête 2009/2010 a montré également évolution récente dans l'innovation avec l'essai de plusieurs variétés pluviales non spécifiquement poly-aptitudes. Les paysans tentent de voir quelles variétés sont potentiellement poly-aptitudes à moindre coût et à bas niveau d'intrants. L'utilisation de techniques de culture pluviale en zone traditionnellement considérée comme « irriguée » (même mal irriguée) est un changement majeur tactique sur les pratiques et stratégique quant au risque. L'enjeu sur ce type de rizières est majeur car cela concerne plus de 50 % des rizières RMME.

### 1.3 Le système d'innovation « SCV » en sols exondés : sur tanety et Baiboho

La principale innovation sur les *tanety* et les *baiboho* depuis les années 1980 a été l'introduction progressive, puis l'adoption à relativement large échelle, des systèmes SCV (Domas et Penot, 2008, Chabierski 2005 et Chabierski et al, 2008). Les *tanety* (zones de collines à cultures pluviales sans contre saison) et les *baiboho* (sols colluviaux) à cultures pluviales avec possibilité de contre saison due à l'accès à l'eau par remontée capillaire) ouvrent une large gamme de situations agro-écologiques. Ces situations exondées nécessitent des techniques diversifiées et localement adaptées pour une production régulière et durable (basée sur la réduction des risques), une protection des sols contre l'érosion et une « mise en défens » aboutissant à une renégociation des relations agriculture - élevage.

Dans ce contexte de dégradation accélérée des ressources naturelles de la région du Lac Alaotra, il est apparu nécessaire de repenser complètement l'appui aux systèmes de cultures des paysans afin d'en garantir la durabilité (Devèze, 2008). Une approche en termes de gestion des bassins versants avec le continuum *tanety/baiboho*/rizières et intégrant l'échelle « système de production » (et non plus seulement la parcelle) a été développée par le projet BV lac.

Le suivi de plusieurs centaines de parcelles, encadrées par l'opérateur BRL, depuis 2003, a permis la création d'une base de données solide sur les résultats réellement observés en milieu paysan. On observe un développement intéressant et apparemment durable pour certaines zones et l'adoption de diverses techniques à divers stades permet de parler de système d'innovation. Liée à une approche « exploitation », centrée sur la prise en compte des stratégies paysannes et des contraintes liées à l'ensemble des activités agricoles, l'exploitation de cette base de données permet de mieux appréhender les processus d'innovation locaux face à ce changement de paradigme important pour les producteurs. En effet, les techniques novatrices de l'agriculture de conservation génèrent, au sein du système, des externalités positives et des services écologiques. Ces techniques peuvent s'accompagner d'un certain niveau d'intensification permettant de valoriser les variétés améliorées introduites, en fonction des sols et surtout de la situation financière des exploitations. Les principaux systèmes sont proposés dans le tableau 1. Le développement des systèmes de type SCV ne peut s'intégrer sans une prise en compte des services à l'agriculture. Le réel changement de paradigme demande une information technique de qualité, des techniques d'étables fumières et de compostage pour limiter l'emploi des engrais chimiques, la structuration des producteurs pour l'accès au crédit à caution solidaire (limité dans le temps), la commercialisation des produits et l'information sur les marchés,...). Enfin, l'intégration agriculture-élevage reste une priorité associée aux SCV, pour assurer le transfert de fertilité, garantir des débouchés d'utilisation pour certaines céréales (maïs), diversifier les revenus et permettre un aménagement des pratiques et des territoires équilibré entre zones de production agricole et forestière, de pâturages et de protection/conservation. Les principaux systèmes de culture diffusés par les opérateurs de développement dans la région du lac Alaotra sont présentés dans le tableau 2.

Le tableau 3 montre par exemple l'évolution de rendement, de la valorisation de la journée de travail et des temps de travaux selon l'ancienneté des parcelles en SCV (de 2003 à 2009) par rapport à celles en labour pour la zone Nord-est du lac Alaotra (zone de l'opérateur de développement BRL au sein du projet BVlac). Des tendances similaires sont observées dans les vallées du Sud-est du lac avec le même opérateur. Les rendements sont légèrement supérieurs pour les systèmes de type SCV (11 % pour le riz et 17 % pour le maïs) toutes choses étant égales par ailleurs sachant que pour la campagne 2008/2009 : l'utilisation des engrais a été divisée par deux avec en moyenne 75 kilos de NPK et urée confondus/ha, ce qui est assez faible. En revanche, la régularité des productions sur 5 à 7 années montre que apparemment, le pari de la durabilité semble effectivement gagné

Ces résultats sont corroborés pour l'année 2009 par un suivi indépendant des principales cultures (rapport Andriko 2009), commandé par le projet B-lac à titre de vérification des résultats obtenus.

Les systèmes SCV mis au point sur *baiboho* avec des successions culturales de type riz de saison/haricot de contre-saison-maïs de saison ou riz de saison puis vesce de contre-saison associée ou non à des cultures maraîchères montrent également un niveau de production et de sécurité par rapport aux aléas climatiques très proche voire supérieurs à ceux obtenus en riziculture irriguée. Les aléas climatiques sont représentés par une pluviométrie variable entre 600 et 1 500 mm/an, une durée de saison des pluies entre 2 et 4 mois et une irrégularité des pluies décennales en début de cycle. Les *baiboho* sont des sols alluviaux récents. Ils sont fertiles et favorables aux SCV puisque, grâce à des remontées capillaires, l'eau est accessible en contre-saison pour la plante de couverture ce qui permet de produire une quantité importante de biomasse permettant un meilleur contrôle des adventices qui reste le problème majeur de ces sols. Les systèmes SCV permettent donc une bien meilleure valorisation que par les systèmes de cultures traditionnels ou le contrôle des adventices, n'est pas assuré avec une minimisation des risques

**Tableau 2 : principaux systèmes de culture SCV et perspectives actuelles**

Système de culture	Origine	Avantages recherchés	Contraintes	Vitesse de diffusion	Perspectives d'avenir
Riz / vesce + haricot / riz /...	TAFA puis Paysans + techniciens	Systèmes intensifs très rémunérateurs, faciles à mettre en place	Divagation animale	+++	+++
Systèmes avec Stylosanthes guianensis	Recherche	Systèmes extensifs mais très rémunérateurs Production de fourrage	Nécessité d'un an de jachère pour un résultat optimal	+++	+++
Maïs + niébé ou dolique/ Riz	TAFA	Systèmes intensifs très rémunérateurs	Sols de bonne qualité Intensifs en main d'œuvre et en intrants Niveau de risque assez élevé	++	+++
Maïs + niébé ou dolique / arachide ou pois de terre	TAFA + paysans	Si les moyens du paysan sont limités, permet de cultiver la légumineuse souterraine sans un gros investissement	Pente de couverture implantée avec la légumineuse souterraine, au risque de ne pas générer de biomasse	++	+++
Systèmes avec <i>Brachiaria spp.</i>	TAFA	Systèmes extensifs et rémunérateurs Production de fourrage	Utilisation d'herbicides Manque de ressource fourragère	+	++
Systèmes sur <i>Cynodon dactylon</i>	TAFA	Systèmes extensifs et rémunérateurs	Utilisation d'herbicides Manque de biomasse disponible	+	+++
Systèmes sur couverture vive	TAFA	Systèmes extensifs et rémunérateurs Pour éleveurs principalement	Utilisation d'herbicides Peu de place pour la culture du riz	-	+
Riz/vesce en <i>baiboho</i>	TAFA	Systèmes intensifs très rémunérateurs	Sur <i>baiboho</i> uniquement	++	++
Systèmes complexes et intensifs	TAFA	Très productifs en produits et biomasse	Trop difficiles à mettre en œuvre	-	-

Source : Domas R et Penot E, 2008



**Tableau 3 : Evolution des rendements, temps de travaux et VJT selon l'année de SCV (Riz et maïs)**

Année en SCV	Moyenne en labour	Moyenne en SCV	SCV en année 1	SCV en année 2	SCV en année 3	SCV en année 4	SCV en année 5	SCV en année 6	SCV en année 7
Rdt maïs (kg/ha)	1 983	2 214	2 105	2 348	2 202	2 157	1 700		
VJT maïs	7 442	8 736	8 246	9 263	8 754	8 561	6 243		
JH maïs	186	158	152	164	157	167	150		
Nb échantillon maïs	1 194	91	212	181	91	36	17	3	1
Rdt riz (kg/ha)	2 671	3 137	3 184	3 111	3 171	3 026	2 939	2 719	2 412
VJT riz	11 827	14 621	15 864	13 878	14 619	12 681	11 647	13 338	10145
JH riz	170	165	163	165	161	174	191	195	120
Nb échantillon riz	160	541	26	30	28	6	1		

Source : rapport annuel BRL 2009.

Les résultats économiques des principaux systèmes, en labour et en SCV, sont présentés dans le tableau 4 pour l'année 2008-2009 montrant les gains effectifs en temps de travaux compris entre 3 et 20 %.

**Tableau 4 : Analyses des indicateurs économiques**

Indicateurs	Riz		Maïs + légumineuses		Légumineuses souterraines		Légumineuse volubile	
	SCV	labour	SCV	labour	SCV	labour	SCV	labour
Nombre de parcelles	541	1 194	91	160	11	100	5	8
Rendement (kg/ha)	3 137	2 671	2 214	1 983	706	763	552	368
Produit brut (Ar)	1 685 448	1 463 841	1 009 531	900 984	821 104	913 989	452 424	309 900
Charges opérationnelles (Ar)	697 308	718 712	640 559	667 444	523 115	664 798	395 823	512 191
Temps de travaux (hj)	165	170	158	186	150	162	88	117
Marge brute (Ar)	1 400 061	1 170 879	764 929	702 488	672 249	654 867	276 120	90 511
VJT (Ar)	14 621	11 827	8 736	7 442	9 422	7 875	5 384	1 798
Retour sur investissement	2,0	1,6	1,2	1,1	1,3	1,0	0,7	0,2
Ratio d'intensification	50%	61%	84%	95%	78%	102%	143%	566%
Gain en marge de la pratique du SCV % labour	20%		9%		3%		205%	
Gain en temps de travaux de la pratique du SCV % labour	3%		15%		8%		25%	
Gain en rendement de la pratique du SCV % labour	17%		12%		-7%		50%	

Source : rapport annuel BRL 2009.

Cependant, l'adoption de tels systèmes reste difficile avec un apprentissage long (3 à 5 ans) et nécessitent l'accès à certains services (crédit, Information, approvisionnement). Les taux d'abandon tournent entre 25 et 40 % selon les années. Le tableau 5 montre que 35,5% des parcelles encadrées en saison 2007-08 ont été complètement abandonnées en 2008-09 pour des raisons diverses et pas seulement strictement technique.

**Tableau 5: Répartition par causes des abandons des parcelles pour la campagne 2008/2009 incluant le transfert de 25 % des parcelles à un nouvel opérateur (SD MAD)**

Raison d'abandon	Superficie	
	en ha	%
Problème financier	34,5	28%
Non respect de l'itinéraire, mulch insuffisant ou culture ratée (retard...)	30,8	25%
Transféré à SD Mad	30,6	25%
Problème foncier	12,9	10%
Chevauchement des travaux	5,9	5%
Migration du paysan	2,1	2%
Demande BOA non octroyée	2,1	2%
Problème sanitaire	1,8	1%
Récupération de la parcelle par le propriétaire	1,0	1%
Sécheresse	0,8	1%
Divagation des animaux	0,4	0%
Non remboursement de crédit	0,4	0%
Ensablement de la parcelle	0,4	0%
Changement de propriétaire	0,3	0%
Problème personnel de l'exploitant	0,3	0%
Parcelle mise en location	0,1	0%
Parcelle vendue	0,1	0%
Décès du propriétaire	0,1	0%
<b>TOTAL</b>	<b>124,2</b>	<b>100%</b>

Source : rapport annuel BRL 2009.

## 2 Savoirs et savoirs faire : les processus d'innovation et logiques d'actions en cours

Le mirage d'une révolution verte rizicole irriguée avec création de la Somalac en 1961 (société de développement du lac Alaotra, étatique). a duré 30 années jusqu'au désengagement de l'Etat en 1990 et le retour à une dure réalité devant le cout global des infrastructures hydro-agricoles. Puis la colonisation des *tanety* et une mini-révolution sur l'intégration agriculture élevage, amenant une priorité au zébu de trait par rapport au zébu « capital » et le développement de petite mécanisation avec les motoculteurs « kubota » a fini de parfaire une évolution vers une agriculture familiale sans cesse renouvelée qui a montré une aptitude assez remarquable à l'innovation

De nouveaux savoirs ont été introduits depuis les années 1980 sur les cultures pluviales en général et depuis les années 2000 sur les techniques SCV en particulier. De nouveaux savoir-faire sur la base de mécanismes individuels se sont développés avec l'appui important du projet BV-lac depuis 2003 pour ces derniers. Le faisceau de contraintes à Madagascar est particulièrement important : faiblesse des marchés, prix peu rémunérateurs et très volatils, faible monétarisation et souvent une prédominance de la recherche de la sécurité alimentaire dans un contexte d'économie nationale en berne depuis 2009. Les savoirs locaux se sont très fortement enrichis depuis 50 ans avec de profondes mutations, déjà anciennes pour la riziculture irrigués et plus récente pour l'agriculture pluviale. Une telle masse de « savoirs » déversés dans un monde en pleine expansion avec une forte immigration qui caractérise une sorte de « front pionnier » permanent avec la conquête des *tanety* depuis les années 1980, pose le problème de la différenciation entre savoirs et savoir-faire, les pratiques réelles qui en découlent et l'impact de ces savoirs sur les paysages et les modes de mises en valeur. Les priorités stratégiques des producteurs, initialement centrées sur la riziculture irriguée se modifient avec la mise en valeur des *tanety*. L'intégration agriculture-élevage modifie aussi les pratiques traditionnelles d'élevage extensif. Le zébu devient ou moyen de production et plus seulement une forme de capitalisation.

Le patrimoine actuel provient d'introductions historiques multiples, essentiellement portée par les projets de développement ce qui pose le problème du choix de l'approche des projets actuels. Le projet BV-lac/AFD, a vocation pilote, introduit une approche bassin versant intégrant la prise en compte des caractéristiques, complémentarités et externalités de toutes les situations morpho-pédologiques de la parcelle irriguée la plus basse à la *tanety* la plus haute. Les hommes, au lac Alaotra, tant autochtones qu'allochtones ont su développer le potentiel important de cette cuvette entre acquisition des savoirs et développement de savoirs faire, enrichi de l'intégration des migrations, profitant des opportunités de développement étatique et privé, développant des formes de structuration sociale nouvelle que cache une inertie apparente. Si il est difficile recenser avec précision la totalité des savoirs, on peut mieux connaître les savoir-faire à travers les pratiques. Nos enquêtes sur la riziculture irriguée (2007-2010 avec une thèse en cours) montre que si les savoirs techniques sont riches et que tous les thèmes sont globalement connus de tous, les pratiques réelles illustrent des choix techniques particuliers des producteurs en fonction de leur contexte immédiat. Nos connaissances sur l'adoption des systèmes SCV est encore trop récente et trop fragmentaire pour en estimer le degré d'adoption définitive. La « pérénisation » des parcelles et de l'emploi des techniques est en cours et la question de la durabilité à long terme des processus en cours reste ouverte, en particulier par rapport à la date de fin du projet (2013). Les savoirs acquis sur les SCV restent encore très parcellaires et souvent reflètent la confiance des producteurs dans leurs techniciens plus qu'une réflexion réelle en profondeur. La compréhension globale des processus en cours ne conserve qu'un tout petit nombre de paysans ayant converti après 5 ans la quasi-totalité de leur foncier exondé en systèmes SCV (moins de 15 %). Une périodisation complète des systèmes d'innovation a été développée et publiée (collection documents de travail BV lac/AFD-CIRAD, 2009).

La saturation du foncier de plaine rizicultivable avec une maîtrise plus ou moins bonne de l'eau amène les paysans, et les générations successives de leurs enfants, et les migrants à coloniser de plus en plus les *tanety* pour la diversification. Dans l'Est (Imerimandroso) et dans les zones les plus reculés de l'Ouest, certains familles n'ont plus accès aux rizières irriguées ou aux RMME et n'ont que des terres exondées ou le risque de culture est traditionnellement important. Les zones de *baibo* deviennent des zones extrêmement intéressantes car elles permettent un bon accès à l'eau par remontée capillaire en saison sèche autorisant sans risque majeur les cultures de contre-saison. Cette disponibilité en eau induit cependant également des contraintes de maîtrise de l'enherbement particulièrement fortes. Ce sont des zones où l'intensification est la plus payante si l'enherbement est maîtrisé. Malgré tous les efforts déployés, la baisse tendancielle des rendements sur *tanety*, liée à la fragilité des sols, à une fertilité initiale assez faible et à l'érosion, perdure. Une agriculture durable devient prioritaire si la région veut pouvoir intégrer l'augmentation régulière de la population sans paupérisation consécutive (Penot, 2010).

Les innovations récentes, depuis les années 2000, concernent principalement l'agriculture de conservation. Leur adoption suppose des techniques suffisamment « adoptables » et une conception en interaction avec les bénéficiaires (saut technologique limité...). Une offre itérative et un accompagnement technique faisant preuve de suffisamment de flexibilité sont nécessaires pour générer un processus d'apprentissage (nécessairement lent) à la fois des bénéficiaires et des diffuseurs. L'objectif est un ajustement très fin de la gamme des méthodes d'amélioration culturales à la diversité des situations socio-économiques rencontrées (attentes, capacités et moyens des destinataires). Une des conditions d'une adoption durable réside également dans la définition de politiques publiques sécurisant l'environnement économique des adoptants ce que l'absence de sécurité politique actuelle ne peut garantir. Si la plupart des stratégies paysannes sont individuelles, le recours à l'agriculture de conservation, d'une part pour combattre le risque et d'autre part pour maintenir le système productif et son environnement, implique des stratégies collectives sur l'accès aux services.

L'enjeu environnemental n'en est pas moins primordial et constituera un enjeu majeur pour cette région, déjà durement touchée naturellement par le phénomène des Lavakas<sup>3</sup>. Comme nous le rappelle également M.H. Dabat : *Densité démographique importante ne rime pas toujours avec dégradation des sols, de nombreux travaux l'ont montré* (Blanc-Pamard et Rakoto Ramiarantsoa, 2006). Les enjeux sur l'environnement face à l'érosion, à l'ensablement des périmètres et aux problèmes globaux de maintien de la fertilité marqueront cependant le futur proche de la région. Ainsi peut-t-on aussi expliquer *pourquoi l'augmentation globale des coûts de production consécutive à la*

---

<sup>3</sup> Phénomène érosif aboutissant à l'effondrement des *tanety*s, à l'échelle géologique.

libéralisation des années 1980 ne se soit pas traduite par une recherche de productivité accrue comme le rappelait JP Raison en 1994 pour Madagascar. L'économie du lac est une économie de subsistance condamnée à une productivité sans cesse accrue par la très forte pression démographique. Comme souvent pour les fronts pionniers, les gains ne sont donc apparemment pas « visibles » alors que pourtant des surplus sont dégagés. La situation est bien différente des hautes terres ou « faute de pouvoir penser à optimiser, ces derniers restent confrontés à des problèmes de divers ordres : manque de moyens, de maîtrise du marché, de sécurité de la production (Hervé Rakoto Ramiarantsoa, 2008 On est bien obligé de constater le dynamisme important de la région du lac capable d'absorber de telles augmentation démographique, même si effectivement, les préoccupations des gouvernement actuels semblent plus axé sur les mythes classiques de l'intensification et de la panacée qui sauvera la planète (SRI/système de riziculture intensive, SCV tous azimuth...),(Penot, 2010). La pression démographique, un dynamisme peu freiné par les contraintes sociales et une traditionnelle ouverture technique due à la présence très tôt de projets dès la colonisation française favorise l'innovation. Les principaux freins à l'innovation sont inhérents aux techniques proposés (complexité et changement de paradigme pour les systèmes SCV), limités dans la diffusion possible en fonction de l'adaptabilité aux contraintes locales (le SRI possible seulement sur moins de 15 % des parcelles irriguées) et des marchés (le lac Aoatra est une zone enclavée). Le tableau 6 nous rappelle les grands lignes de l'évolution depuis 1922.

**Tableau 6 : Statistiques agricoles au Lac Alaotra de 1922 à nos jours** (sources Garin 1998 à partir d'une synthèse bibliographique ; nos estimations pour 2009, Garin, Penot)

Variable	Année						
	1922	1943	1959	1973	1982	1989	2009
population totale estimée	45 000	44 000	111 100	170 000	269 000	357 000	> 700 000
Population agricole estimée	43 000	42 000	101 000	156 000	245 000	327 000	> 600 000
Nombre d'exploitations	8 000	8 000	17 000	27 200	43 900	52 000	?
Rizières irriguées ou à irrigation aléatoire (ha)	13 000	24 000	47 725	74 600	83 000	100 000	100-110 000
% rizières repiquées (« intensives »)	0		7	45-50	45-60	50-60	> 60 %
Cultures pluviales (ha)	3 250	7 000	11 870	9 800	11 000	12 000	>20 000
Cheptel naisseur	189 350		95 400	86 870	80 500	63 400	baisse constante
Bœufs de trait	100		26 444	65 000	82 500	92 000	?
Motoculteurs						13	> 4000
Rizières par exploitation (ha)	1.65	3.00	2.8	2.75	1.9	1.95	1,5
Cultures. Sèches /exploitations (are)	41	88	70	36	25	23	25 à 50

Une partie des hypothèses sur les systèmes SCV sont maintenant confirmées après 7 années de mise en œuvre. Les rendements ne sont pas obligatoirement augmentés mais au moins durablement stabilisés quoique l'évolution de la fertilité dans les systèmes actuels à bas niveaux d'intrants peut poser problème à long terme. L'effet « tampon des aléas climatiques » est nettement observé par l'effet du mulch sur le bilan hydrique avec une stabilisation de la production malgré des périodes de sécheresse temporaire par exemple (caractère aléatoire des pluies en début de saison des pluies) en faisant varier les variétés et les dates de semis. Enfin, un certain niveau de diversification des cultures devient possible là où certaines spéculations étaient traditionnellement considérées comme trop risquées. Les problèmes de contrôle des mulchs, de multiplication des rats et d'adaptation des combinaisons de cultures ont été clairement identifiés.

### 3 Vulnérabilité et résilience des systèmes de production locaux

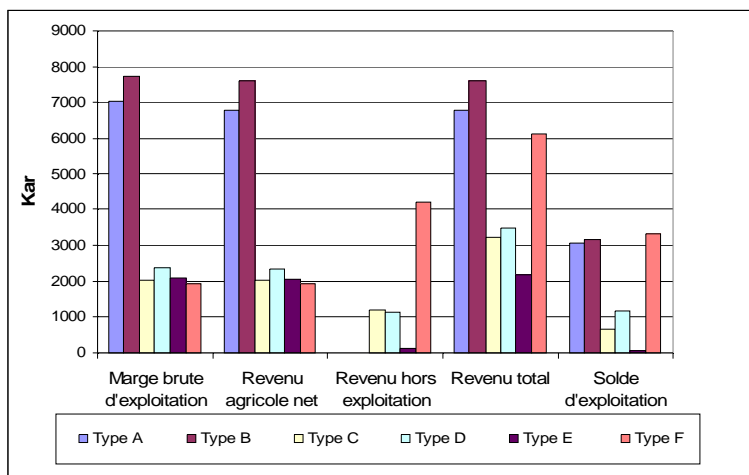
Une innovation méthodologique importante à partir de 2006 a été l'introduction d'une démarche « exploitation » dans les projets, centrée sur la prise en compte des stratégies paysannes, pour la diffusion des innovations techniques ou organisationnelles. Cette approche intègre la prise en compte du foncier à travers une démarche originale de sécurisation foncière (depuis 2003, Teyssier 2007), et également une approche professionnalisante des organisations de productions sur les services à l'agriculture.

Un réseau de fermes de références a été créé, modélisé avec le logiciel Olympe (INRA/CIRAD/IAMM) (Penot, 2007). Les opérateurs ont été formés à son emploi et l'utilisent lors de sessions de création de scénarios en analyse prospective pour tester l'adéquation des propositions techniques aux différents types d'exploitation. Une analyse de risque est ensuite réalisée pour tester la résilience des systèmes de production en fonction des différents types d'aléas dont les conséquences ont été mesurées sur les 3000 parcelles suivies par le projet. On teste ainsi les risques d'échec de culture (semis tardif, mulch raté...), les risques climatiques (sécheresse, retard des pluies), les risques économiques (le ciseau des prix entre l'augmentation des intrants et la baisse des produits agricoles) et les risques sociaux (non acceptabilité d'une technique particulière). Cette approche permet de comprendre les processus d'innovation et les conditions d'adoption de nouvelles techniques (ou formes organisationnelles) au niveau exploitation agricole pour réduire le nombre d'abandon.

Les mouvements de migrations et la croissance démographique ont eu un effet sur l'évolution des exploitations agricoles depuis les années 1980. La figure 1 montre l'évolution des systèmes d'exploitation depuis le XIX siècle. (Durand et Nave, 2007). Le tableau 6 (Penot et Garin, 2009) montre l'évolution des trajectoires d'exploitation depuis 1823). Le diagnostic réalisé en 2007 a mis en évidence 7 types d'exploitations agricoles différents. Les différents systèmes de riziculture pluviale se retrouvent sur les plateaux sommitaux et les pentes des collines (en rotation jachère culture sur les sols très pauvres), les bas de pente et les *baiboho*, en rotation avec d'autres cultures pluviales (maïs, manioc, pois de terre...) avec ou sans jachère, ou en système SCV depuis leur introduction au début des années 2000. La part de la riziculture extensive sur de grandes surfaces diminue au profit d'exploitations de plus petite surface adoptant un système de riziculture plus intensive, voire à des systèmes basés sur une priorisation des cultures pluviales.

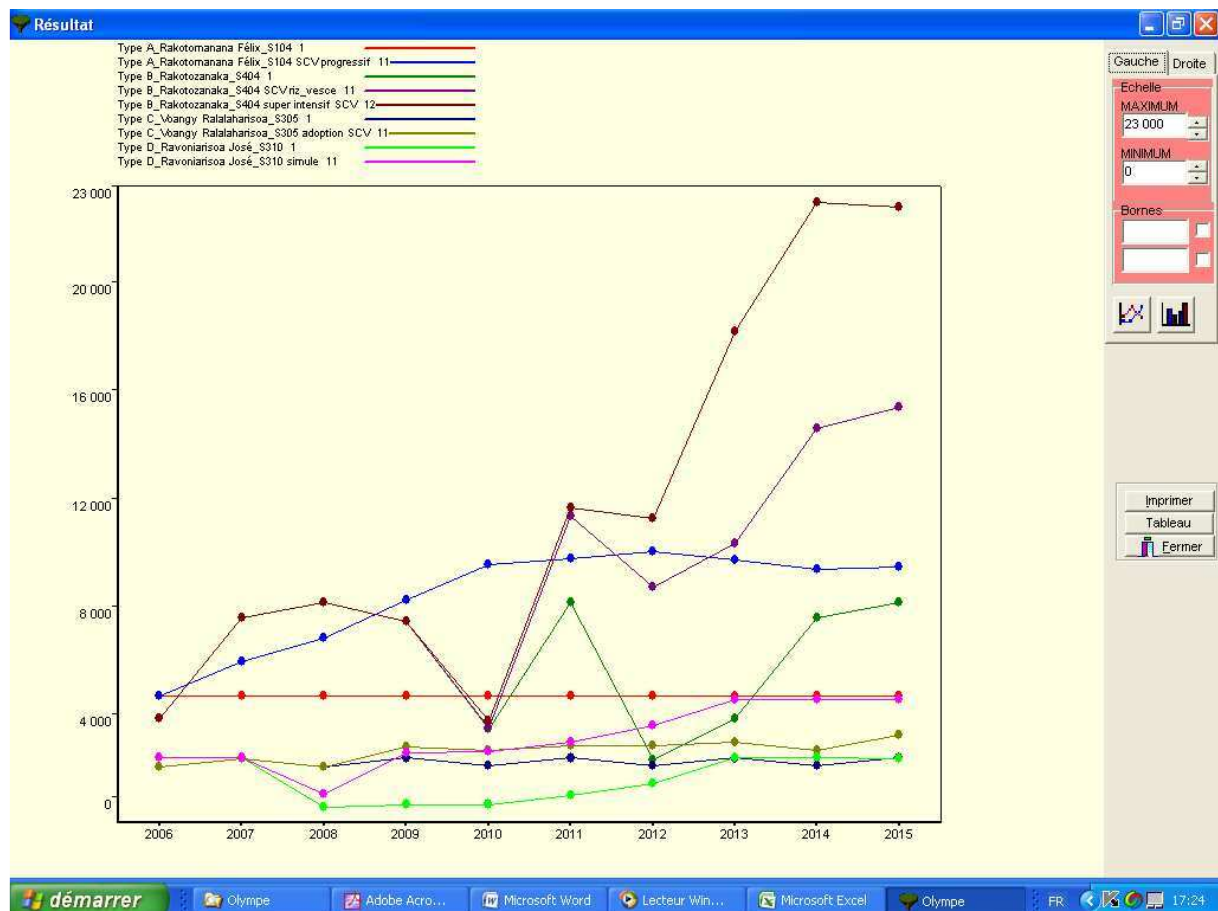
Une analyse de distribution des revenus agricoles a été faite en 2007 (figure 2 de synthèse). Cette analyse se base sur les résultats 2007 issu du réseau de fermes de références composé de 45 exploitations (Penot, 2008). Les résultats sont analysés par type d'exploitation de A à F en considérant les exploitations les plus représentatives (2 exploitations particulières ont été enlevées en A et F). Les variables économiques utilisées sont les suivantes : la marge brute agricole ou revenu brut agricole calculée avant autoconsommation (considéré ici comme un rachat d'une partie de sa production par le paysan et mis dans les consommations familiales) et le revenu total composé du revenu agricole net +revenu off-farm. Les exploitants du type A ont comme priorité l'exploitation des rizières irriguées et cultivent qu'à la marge les *tanety*. Les agriculteurs du type B sont ceux potentiellement le plus intéressés par les variétés plus flexibles dans les conditions de RMME « sèches », potentiellement cultivables en mode pluvial mais peu ont adopté les techniques SCV en RMME. Les exploitations de type D ils cultivent principalement des surfaces de *tanety* et *baiboho* avec des rotations riz/maïs et sont particulièrement intéressés par les techniques SCV soit pour intensifier de façon sécurisée (*baiboho*) soit pour produire de façon durable sur *tanety*. L'adoption des techniques SCV est clairement pour eux un moyen de pérenniser les niveaux de production actuels dans le temps et surtout de mieux intégrer le riz pluvial. On observe globalement une part croissante de la part du riz pluvial au fur et à mesure que les classes de revenus diminuent. Comme le montre les scénarios développés lors de séances communes avec tous les opérateurs du projet, l'adoption de systèmes de type SCV renforce la durabilité et la régularité des productions sur 10 ans et permet de diminuer de façon notable la vulnérabilité des exploitations aux chocs climatiques (effet tampon des systèmes intégrant un mulch) ou à la volatilité des prix par la diversification. Des scénarios d'analyse prospective sont réalisés avec les opérateurs de développement pour tester l'intérêt (et le risque associé) de l'adoption de différentes techniques ou diversification d'activités. Un exemple de sortie est monté dans la figure 3.

Figure 2 : principaux résultats économiques par types d'exploitation



Source ; Nave, Durand , Penot, 2007.

Figure 3 : Un exemple d'analyse prospective : évolution des résultats (marge nette agricole avant autoconsommation) pour 4 exploitations du type a, b c et 2 et avec 2 scénarios (avec et sans systèmes SCV et/ou diversification élevage



## Conclusion

La région de l'Alaotra a toutes les caractéristiques d'un front pionnier permanent à l'échelle d'un vaste bassin versant avec une forte croissance démographique, une dynamique importante de colonisation des marais et des *tanety* et une migration importante de populations Betsileos et Merinas. La prise d'opportunités par les migrants et locaux sur les techniques rizicoles et sur les systèmes de semis direct à couverture végétale (SCV) aboutit à une progression constante de familles à la recherche d'un établissement définitif dans la région. La société Sihanaka, et principalement ses notables, a su globalement maîtriser la dynamique d'expansion agricole de ce front pionnier.

La forte démographie s'est traduite par la poursuite des défrichements, même en dehors de tout réseau d'irrigation ou de drainage. Les surfaces rizicoles ont doublées entre 1959 et 1989 pour une population qui a elle triplée. Outre l'installation des nouvelles familles du au morcellement générationnel, l'investissement semble avoir été privilégié dans les animaux de trait, le petit matériel agricole, certains intrants (urée, herbicide), la vaccination animale, puis les motoculteurs pour les plus riches. Avec la diminution des superficies cultivées par famille, la main d'œuvre familiale est aussi devenue largement sous employée, favorisant ainsi la pluri-activité. Même si la répartition des facteurs de production est ainsi devenue moins inégalitaire, la classe dominante a pris la culture attelée comme une opportunité de maîtriser l'espace agricole et pastoral.

De nombreuses productions sont d'une importance économique significative : maïs, arachide, manioc, tomate dans l'Est, lait et bœufs gras dans l'Ouest, petits élevages, dont celui des oies partout et porcs pour les migrants. Même si les résultats économiques n'ont pas toujours été à la hauteur des ambitions politiques affichées, l'Etat et les bailleurs de fonds associés ont joué un rôle moteur dans le développement régional et les aménagements hydro-agricoles. L'Etat continue depuis 2003 avec la création des guichets fonciers à promouvoir une politique d'amélioration foncière innovante et particulièrement bien adaptée au contexte local. Le niveau technique global de cette population est élevé et a montré historiquement une capacité d'adaptation et d'innovation remarquable : riziculture irriguée intensive, intégration agriculture élevage, intégration de nouveaux paradigmes comme les systèmes SCV, forte structuration sociale quoique pas toujours efficace, (individuel et caution solidaire entre autres)...Cependant l'incertitude globale (politique, économique et climatique) complique l'adoption des systèmes SCV : crises à répétition, faiblesse de l'état et des structure d'appui pour un changement de paradigme qui demande un appui sur le moyen terme (10 ans) et volatilité du pris des intrants et des produits agricoles. Une approche d'analyse prospective basée sur la modélisation des exploitations agricoles a ainsi été développée pour mesurer le risque lié à la décision technico-économique et la résilience globale des systèmes de production faces aux aléas climatiques et économiques.

## Bibliographie

- Andriko. Rapports de mesure de rendement des périmètres PC 15-VM. 2004 à 2009. Anbatondrazaka, BV lac.
- Bernoux M., Cerri C., Cerri C. E. P., Siqueira Neto M., Metau A., Perrin AS, Scopel E., Razafimbelo T., Blavet D., Piccolo M, Pavei M., Milne E. 2006. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review, *Agron. Sustain. Dev.* 26 1–8 1
- Brevault T., Bikay S., Maldes J.M. and Naudin K. 2007. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system, *Soil and Tillage Research*. Volume 97, Issue 2, Pages 140-149. doi:10.1016/j.still.2007.09.006
- Bolliger A, Magid J, Amado JCT, et al. 2006. Taking stock of the Brazilian zero-till revolution : a review of landmark research and farmers' practice. *Advances in Agronomy* 2006 ; 91 : 47-110.
- BLANC-PAMARD C., RAKOTO RAMIARANTSOA H., Madagascar : les enjeux environnementaux *In* M. Lesourd (coord.), *L'Afrique. Vulnérabilités et défis*, Nantes, Editions du Temps, p. 354-376. 2006.
- Corbeels M., Scopel E., Cardoso A., Bernoux M., Douzet J.M. and Siqueira Neto M (2006) Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. *Global Change Biology* 12: 1773-1787.
- CHABIERSKI S, PENOT E & HUSSON O. "Determinants of DMC technologies adoption among smallholders in the lake Alaotra area, Madagascar". Séminaire SCV Laos, Octobre 2008.
- Chabierski S., Dabat M.-H., Grandjean P., Ravalitera A., Andriamalala H., 2005. Une approche socio-éco-territoriale en appui à la diffusion des techniques agro-écologiques au Lac Alaotra, Madagascar, 11<sup>e</sup> World Congress on Conservation Agriculture: *Linking Production, Livelihoods and Conservation*, Nairobi, Kenya, 3<sup>rd</sup> to 7<sup>th</sup> October, 8p.

- DOMAS R, ANDRIAMALALA H & Penot E. « Quand les tanetys rejoignent les rizières au lac Alaotra ». diversification et innovation sur les zones exondées dans un contexte de foncier de plus en plus saturé. Séminaire SCV Laos, Octobre 2008.
- Domas R, Andriamala H. 2009. Rapports de campagnes BRL 2008/2009.
- Durand C., Nave S. 2007. « Etude des dynamiques agraires et des stratégies paysannes dans un contexte de pression foncière, Lac Alaotra ». Mémoire SUP-AGRO-IRC, CIRAD, Madagascar.
- Devèze. 2008. Évolutions des agricultures familiales du Lac Alaotra (Madagascar). In « **Défis agricoles africains** » Karthala, Paris.
- .Lal, R. 2007. Anthropogenic influences on world soils and implications to global food security. Adv. Agron. 93:69-93.
- Penot E.(2007) Simulation et modélisation du fonctionnement de l'exploitation agricole. In *Les exploitations familiales agricoles africaines : enjeux caractéristiques et éléments de gestion* Mohamed Gafsi, Jacques Brossier, Patrick Dugué, Jean-Yves Jamin, coord.Ed. Quae 2007 556 p
- Penot E. Garin P. 2009. Des savoirs aux savoirs faire : l'innovation alimente un front pionnier : le lac Alaotra de 1897 à nos jours. Colloque LOCALISATION ET CIRCULATION DES SAVOIR-FAIRE EN AFRIQUE. Maison Méditerranéenne des Sciences de l'Homme, Aix-en-Provence.19 et 20 Mars 2009
- Penot Eric.(2010). Savoirs, pratiques et changement de paradigme : de l'agriculture irriguée à la colonisation des Tanetys. Mythes, espoirs et réalités d'un développement durable au lac Alaotra, Madagascar. SYMPOSIUM ISDA 2010 Innovation et Développement Durable dans l'agriculture et l'agroalimentaire, Montpellier, juillet 2010. Atelier : « Les nouveaux systèmes d'exploitation agricole ».
- Randrianarison Ialina, Andrianirina Nicole, Ramboarison rivostructural. Dimensions of liberalization on agriculture and rural development. Ruralstruct. Synthesis Report, July 2009, Antananarivo, Madagascar.
- Scopel E., Triomphe B., Dos Santos Ribeiro M.F., Séguy L., Denardin J.E., Kochhann R.A. 2004. Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. In "New directions for a diverse planet" Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sept - 1 Oct 2004, Brisbane, Australia.
- Teyssier A. Contrôle de l'espace et développement rural dans l'Ouest Alaotra ; Thèse Paris 1, 1994