

**EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'IMPACT DE L'INTRODUCTION  
DES SYSTEMES EN AGRICULTURE DE CONSERVATION DANS LES  
EXPLOITATIONS AGRICOLES DE LA REGION DU LAC ALAOTRA,  
MADAGASCAR**



Mémoire présenté par Sarra POLETTI

En vue de l'obtention du DIPLOME D'INGENIEUR DE SPECIALISATION SYSTEMES DE  
PRODUCTION ENVIRONNEMENT ET TERRITOIRE DE L'ECOLE NATIONALE  
SUPERIEURE D'AGRONOMIE DE TOULOUSE

Maître de stage : Eric PENOT

Directeur de mémoire : Pierre MAURY

Septembre 2011



Unité de Recherche en Partenariat  
Systèmes de culture et riziculture durable  
(SCRID)  
FOFIFA / Université d'Antananarivo / CIRAD



UMR **Innovation**  
Montpellier  
SupAgro - Inra - Cirad



**PAMPA / RIME**

**Programme d'Appui Multi-Pays pour l'Agroécologie / Réponse Intégrée Multi-Equipes**

**EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'IMPACT DE L'INTRODUCTION  
DES SYSTEMES EN AGRICULTURE DE CONSERVATION DANS LES  
EXPLOITATIONS AGRICOLES DE LA REGION DU LAC ALAOTRA,  
MADAGASCAR**

Mémoire présenté par Sarra POLETTI

En vue de l'obtention du DIPLOME D'INGENIEUR DE SPECIALISATION SYSTEMES DE  
PRODUCTION ENVIRONNEMENT ET TERRITOIRE DE L'ECOLE NATIONALE  
SUPERIEURE D'AGRONOMIE DE TOULOUSE

Jury :

Eric PENOT

Jean-Pierre SARTHOU

Pierre MAURY

Septembre 2011

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier en premier lieu Eric Penot pour m'avoir fait découvrir ce beau terrain d'étude, pour l'investissement consacré tout au long de ce stage, son accueil chaleureux, sa gentillesse, sa bonne humeur et tous les bons moments passés en compagnie de sa famille.

Je remercie mon binôme Colomban à qui je dois une partie de ce travail, pour m'avoir fait partager ses compétences et ses connaissances, pour sa bonne humeur, sa patience et pour tous ces moments d'échange très enrichissants.

Merci à mes encadrants de stage Pierre Maury et Jean-Pierre Sarthou pour leurs conseils et leur suivi dans cette étude.

Un grand merci à Philippe Grandjean et à l'équipe de BV-Lac pour m'avoir permis de réaliser ce stage dans les meilleures conditions.

Merci à toute l'équipe de BRL pour son aide précieuse. Merci à Herizo et Jess pour leur disponibilité, toute l'aide et le temps qu'ils m'ont consacré. Merci aux techniciens et aux AVB pour leur aide sur le terrain.

Merci à mon traducteur, Nambin pour son excellent travail de traduction.

Un immense merci à Raphaël Domas pour son investissement et son aide précieuse dans la réalisation de ce travail, et son amitié. Merci également à sa compagne Anja, pour son amitié, son soutien en toutes circonstances, et tous ces merveilleux moments passés ensemble à Ambatondrazaka.

Tous mes remerciements aux agriculteurs du lac Alaotra pour leur sens de l'hospitalité, leur générosité et leur gentillesse. Merci à eux, sans qui cette étude n'aurait pu aboutir, de m'avoir fait partager leur mémoire et leur connaissances.

Un immense merci à mes colocataires de la case de passage, Colomban, Marie-Clémentine, Myriam et Yousri pour tous les bons moments partagés, leur soutien et leur amitié.

Un grand merci à Guillaume pour tous ces bons moments passés ensemble, son accueil chaleureux, sa bonne humeur et sa motivation sans faille. Merci de m'avoir fait découvrir quelques bouts de Madagascar.

Merci à Martial et à sa famille, Hélène, Julien, Sandra, Ludivine et Aymeric pour leur accueil et les bons moments partagés ensemble. Merci également à tous ceux que je ne peux citer, pour ces belles rencontres.

Merci à ma famille et à mes proches de m'avoir soutenue tout au long de ce stage.

## RESUME

Les systèmes de culture sur couvert végétal (**SCV**) ont été introduits dans la région du **lac Alaotra à Madagascar** dans un contexte de baisse des rendements et d'ensablement des rizières sur les bas-fonds. La pression foncière liée à l'attractivité de la zone entraîne une colonisation des collines environnantes très sensibles à l'érosion. Les systèmes SCV répondent à une double contrainte : i) augmenter le revenu des familles ii) préserver les ressources naturelles.

Cette étude évalue les effets technico-économiques de l'**impact** des systèmes SCV sur le revenu d'exploitations modélisées représentatives des zones d'études, par une **analyse prospective** à moyen terme ; sur 10 ans. Les traitements des bases de données des opérateurs du projet de diffusion mettent en évidence une légère augmentation des rendements en fonction de l'ancienneté des systèmes SCV. Ces systèmes ont également un effet tampon sur les aléas climatiques. Les systèmes SCV se diffusent en partie spontanément au sein des exploitations. Les systèmes de cultures recensés ont été profondément modifiés par l'effet du projet BV-Lac ; la population paysanne au lac a des pratiques innovantes.

La **modélisation** met en évidence que les systèmes SCV améliorent significativement le revenu à l'échelle de la parcelle à moyen terme. Les résultats sont plus nuancés à l'échelle de l'exploitation. En effet, plus le revenu généré par la rizière irriguée ou RMME est important moins l'introduction des SCV ont d'impact sur le revenu. Sur les exploitations à faibles surfaces rizicoles, les SCV sécurisent le revenu en stabilisant et en améliorant les rendements des cultures pluviales.

**MOT CLES** : SCV, Madagascar, Lac Alaotra, mesure d'impact, analyse prospective, modélisation

## ABSTRACT

Conservation agriculture (CA) was introduced at the lake Alaotra, in Madagascar, in a context of yield drop and silting-up of rice fields in the low lands. Land tenure pressure linked to the attractiveness of the area leads to the colonization of surrounding uplands, very sensitive to erosion. Conservation agriculture deals with a double constraint: i) increase household income ii) preserve natural resources.

This study assesses the technico-economic impact of CA systems on the income of modelised representative farm holdings for each area, through a prospective analysis in the midterm, 10 years. The processing of the databases from the diffusion operators has highlighted a light increase of yield according to the age of CA systems. These systems also have a softening effect on climate variations. Parts of CA systems disseminate spontaneously within farming systems. Surveyed cropping systems have been deeply modified by the effect of BV-Lac project; the peasant population at the lake has innovative practices.

Modeling has highlighted that CA systems improve significantly income at plot scale in the midterm. The results are not as clear at farm scale. Indeed, the higher the income generated by irrigated rice fields or RMME is, the lower is the impact on income. For farm holdings with few irrigated rice fields, CA systems insure the income by stabilizing and improving yields of rain fed crops.

**KEY WORDS** : Conservation agriculture, Madagascar, Lake Alaotra, impact assessment, prospective analysis, modeling

# SOMMAIRE

GLOSSAIRE .....	1
TABLE DES SIGLES ET DES ACRONYMES .....	2
<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE I : PRESENTATION DU CONTEXTE SPECIFIQUE DE L'ETUDE .....</b>	<b>5</b>
I. La région du lac Alaotra : un creuset d'innovations dans un contexte de pression foncière.....	5
I.1. L' Alaotra : des premières colonisations à l'indépendance .....	5
I.2. Histoire récente du lac Alaotra : de l'indépendance à aujourd'hui .....	7
I.3. Un nouveau paradigme : les SCV comme réponse aux contraintes agronomique, environnementale et économique.....	8
II. Les SCV dans le paysage du lac Alaotra.....	9
II.1. La mise en œuvre de la diffusion des SCV au lac Alaotra : de multiples acteurs intégrés à un projet pilote.....	9
II.2. Les premières diffusions par TAFA et micro projets : 2000-2003.....	11
II.3. Phase I du projet BVLac, une approche de diffusion à la parcelle sur une plus large échelle : de 2003 à 2008 .....	11
II.4. Phase II du projet BVLac, une approche de diffusion à l'échelle de l'exploitation : de 2008 à 2013 .....	12
II.5. Les systèmes SCV diffusés au lac Alaotra .....	13
II.5.1. Une gamme de systèmes SCV adaptée aux différents milieux et à leur valorisation .....	13
II.5.2. Des itinéraires techniques préconisés en fonction du niveau de toposéquence et des facteurs de production .....	14
II.5.2.1. Les systèmes produisant peu de biomasse (sur couverture morte importée, paillage ou résidus de la culture précédente).....	15
II.5.2.2. Les systèmes produisant d'importantes quantités de biomasse .....	15
II.5.3. Synthèse des systèmes SCV diffusés selon la toposéquence .....	16
III. La place des systèmes SCV dans les exploitations agricoles au lac Alaotra.....	18
III.1. Evolution des surfaces et du nombre d'adoptants .....	18
III.2. Etat actuel de la place des SCV dans les exploitations agricoles .....	19
III.3. Causes d'abandons.....	20
III.4. L'évaluation de la performance des SCV et leur impact économique .....	21
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE .....</b>	<b>24</b>
I. Hypothèses de travail.....	24

II.	Méthodologie .....	25
II.1.	Etude des données existantes.....	25
II.1.1.	Rapports de stage existants et base de données afférentes .....	25
II.1.2.	Base données RFR.....	25
II.2.	Sélection des zones d'étude.....	25
II.2.1.	Sélection des grandes zones de diffusion du projet.....	25
II.2.2.	Sélection des zones d'études .....	26
II.2.2.1.	Localisation .....	27
II.2.2.2.	Description des zones d'étude.....	28
II.2.2.2.1.	Les exploitations du nord-est, enclavées entre les tanety et le lac Alaotra	28
II.2.2.2.2.	Les vallées du sud-est : un paysage de rizières .....	29
II.3.	Méthode d'évaluation technico – économique de base .....	30
II.3.1.	Evaluer l'effet des SCV par rapport à une situation de référence.....	30
II.3.2.	Choix de l'échantillon .....	31
II.3.3.	Contenu et déroulement des enquêtes .....	32
II.3.4.	Création d'itinéraires techniques standardisés et de rotations non SCV types en fonction du niveau d'adoption des techniques SCV : analyse technique .....	32
II.3.5.	Modélisation de l'échantillon RFR sous Olympe .....	33
II.3.6.	Analyse économique des performances des systèmes SCV et limites des modèles.....	34
II.4.	Résultats intermédiaires .....	35
II.4.1.	Les données réellement disponibles en systèmes non SCV .....	35
II.4.2.	La construction de modèles basés sur la typologie Durand et Nave et le Réseau de Fermes de Référence .....	36
II.4.2.1.	Analyse de la base de données exploitations (BEST et opérateurs) .....	36
II.4.2.2.	Les fermes du RFR.....	41
II.5.	Méthode d'évaluation technico-économique réadaptée.....	42
II.5.1.	Situation de référence .....	42
II.5.2.	Choix du nouvel échantillon .....	42
II.5.3.	Construction des fermes types.....	42
II.5.4.	Itinéraires techniques standardisés SCV et non SCV.....	42
II.5.5.	Modélisation de l'échantillon RFR sous Olympe .....	44

<b>CHAPITRE III : RESULTATS.....</b>	<b>46</b>
I. Niveaux d'adoption des techniques SCV au lac Alaotra : des pratiques culturelles innovantes très diversifiées .....	46
I.1. Les pratiques culturelles au lac Alaotra : définition des termes utilisés.....	46
I.1.1. Les pratiques traditionnelles (Chapitre I.1.1L' Alaotra : des premières colonisations à l'indépendance).....	46
I.1.2. Les pratiques conventionnelles (Chapitre I.1.2La région du lac Alaotra : un creuset d'innovations dans un contexte de pression foncière).....	46
I.1.3. Les pratiques innovantes (Chapitre I.1.3Un nouveau paradigme : les SCV comme réponse aux contraintes agronomique, environnementale et économique) .....	46
I.2. Adoption et innovations par les agriculteurs du lac Alaotra : des pratiques culturelles très diversifiées.....	47
I.2.1. Analyse des différentes pratiques spontanément adoptées par les agriculteurs : un mixage de pratiques.....	47
I.2.2. Les systèmes de culture adoptés par les agriculteurs : quelles combinaisons de pratiques pour quels niveaux d'adoption des pratiques SCV? .....	50
I.3. Typologie d'adoption des techniques SCV .....	53
II. Les rotations standards .....	54
III. Itinéraires techniques standards.....	57
III.1. Les itinéraires techniques standards innovants.....	57
III.2. Les itinéraires techniques standards SCV .....	58
III.2.1. Les itinéraires techniques standards en année 0 de SCV.....	58
III.2.2. Les itinéraires techniques standards en année 1 et plus de SCV .....	58
III.3. Les itinéraires techniques standards conventionnels .....	59
IV. Fermes types modélisées .....	59
IV.1. Les fermes du nord-est.....	60
IV.1.1. Ferme du RFR modélisée de type C.....	60
IV.1.1.1. Assolement en système SCV standard sur 10 ans.....	60
IV.1.1.2. Assolement en système innovant standard sur 10 ans.....	61
IV.1.1.3. Assolement en système conventionnel standard sur 10 ans.....	62
IV.1.1.4. Informations globales de l'exploitation.....	62
IV.1.2. Ferme modélisée de type D.....	62
IV.1.3. Ferme modélisée de type E .....	63
IV.2. Les fermes du sud-est.....	63



IV.2.1.	Ferme du RFR modélisée de type C.....	63
IV.2.1.1.	Assolement en système SCV standard sur 10 ans.....	64
IV.2.1.2.	Assolement en système innovant standard sur 10 ans.....	64
IV.2.1.3.	Informations globales de l'exploitation.....	65
IV.2.2.	Ferme modélisée de type D.....	65
IV.2.3.	Ferme modélisée de type E .....	65
V.	Analyse technico-économique : comparaison des performances des systèmes de culture SCV, SCI et conventionnel .....	66
V.1.	Fermes de la Vallée du Sud Est .....	66
V.1.1.	Comparaison des exploitations du type C.....	66
V.1.1.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	66
V.1.1.2.	Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	69
V.1.2.	Comparaison des exploitations du type D.....	70
V.1.2.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	70
V.1.2.2.	Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	72
V.1.3.	Comparaison des exploitations du type E .....	72
V.1.3.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	72
V.1.3.2.	Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	74
V.1.4.	Conclusion sur l'exploitation de la zone sud-est.....	75
V.2.	Fermes de la zone nord est .....	76
V.2.1.	Comparaison des exploitations du type C.....	76
V.2.1.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	76
V.2.1.2.	Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	78
V.2.2.	Comparaison des exploitations du type D.....	78
V.2.2.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	78
V.2.2.2.	Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	80
V.2.3.	Comparaison des exploitations du type E .....	81
V.2.3.1.	Viabilité économique de l'exploitation .....	81

V.2.3.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation.....	83
V.2.4. Conclusion sur l'exploitation de la zone nord-est .....	83
V.3. Evaluation de la performance des systèmes de cultures à l'échelle de la parcelle. 84	
V.3.1. Système de culture sur <i>baiboho</i> .....	84
V.3.1.1. Comparaison de la valorisation de la journée de travail du système riz pluvial – CS sur <i>baiboho</i> en système SCV et SCI.....	84
V.3.1.2. Comparaison de la marge brute du système riz pluvial – CS sur <i>baiboho</i> en système SCV et SCI. ....	85
V.3.2. Système de culture sur <i>tanety</i> .....	86
V.3.2.1. Comparaison de la valorisation de la journée de travail des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur <i>tanety</i> .....	86
V.3.2.2. Comparaison de la marge brute des systèmes maïs + dolique//riz pluvial//maïs+ dolique //arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur <i>tanety</i> .....	87
<b>CHAPITRE IV : DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>90</b>
I. Modélisation et évaluation technico-économique.....	90
I.1. Appréhension des stratégies paysannes dans les modèles et collecte des données	90
I.2. Intégration du contexte socio-économique.....	90
I.3. L'évaluation technico-économique à partir de modèles .....	91
II. Les outils d'analyse technico-économique .....	91
II.1. Typologie Durand, Nave & Penot, 2007.....	91
II.2. Le RFR et la modélisation en années réelles.....	92
II.3. Le logiciel Olympe .....	93
III. Améliorer les outils de suivi-évaluation.....	93
III.1. Les bases de données parcelles et exploitation.....	93
III.2. Evaluation externe des effets des SCV .....	94
III.3. Intégrer davantage les agriculteurs à l'évaluation.....	94
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>95</b>

## GLOSSAIRE

*Angady* : bêche malgache utilisée pour la plupart des travaux

*Baiboho* : sols d'alluvions exondés riches, de plaine avec accès à l'eau phréatique pendant la saison sèche

*Bozaka* : graminée spontanée présente sur les collines (*Aristida sp.*)

*Fokontany* : délimitation administrative

*Lavaka* : zone d'effondrement des *tanety*

*Makalioka* : variété de riz malgache, traditionnelle de la région du lac

*Tanety* : collines environnant la plaine du lac

## TABLE DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AC : Agriculture de conservation  
AFD : Agence Française de Développement  
ANAE : Agence Nationale d'Action Environnementale  
API : Accélération de la propagation de l'innovation  
AVB : Agent vulgarisateur de base  
AVSF : Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières  
BEST : Bureau d'Expertise Sociale et Innovation Technique  
BOA : *Bank Of Africa*  
BRL : Bas-Rhône Languedoc  
CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement  
FAO : Food and Agriculture Organization  
FFEM : Fond Français pour l'Environnement Mondial  
FOFIFA : *Foibe fikarohana momba ny fambolena* (Centre national de recherche appliquée au développement rural)  
GSD : Groupement Semis Direct  
GSDM : Groupement de Semis Direct de Madagascar  
IRD : Institut de Recherche pour le Développement  
MAEP : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche  
OP : Organisation de producteurs  
PAMPA : Programme d'Appui Multi-Pays en Agro-écologie  
PAMPA GT3 : Groupe de Travail n°3 du projet PAMPA  
PDR : Projet de développement rural  
SCI : Système de Culture Innovant  
SCRID : Système de culture et de riziculture durable  
SCV : semis direct sur couverture végétale  
SOMALAC : Société malgache d'aménagement du Lac Alaotra  
TAFE : *Tany sy Fampandrosoana* (ONG Terre et Développement)  
UMR : Unité mixte de recherche  
URP : Unité de recherche en partenariat

## INTRODUCTION

La région du lac Alaotra, grande cuvette cernée de collines, est l'une des principales zones rizicoles de Madagascar avec plus de 100 000 hectares de rizières. La région, surnommée « grenier à riz malgache », est excédentaire en riz et joue un rôle important dans les échanges inter-régionaux, en particulier pour l'approvisionnement des deux grandes villes d'Antananarivo et de Tamatave. Le potentiel rizicole de l'Alaotra fut notamment mis en valeur grâce aux périmètres hydro-agricoles aménagés par la SOMALAC (Société Malgache d'Aménagement du Lac Alaotra) dans les années 60 et 70 (Devèze, 2007).

Depuis 40 ans, la démographie de la région est marquée par une forte immigration de familles paysannes attirées par la richesse de la cuvette. La forte croissance démographique ; triplement de la population depuis 1960 (doublement tous les 18 ans), conduit à une saturation foncière et par conséquent à une pression grandissante sur les ressources naturelles (Durand et Nave, 2007). Le foncier est saturé dans les rizières irriguées contrôlées, les rizières à mauvaise maîtrise de l'eau et les zones de *baiboho*. L'expansion en termes de nouvelles terres à cultiver se fait donc sur les *tanety* (collines), jusqu'alors peu mises en valeur ou réservées à la pâture des troupeaux (Domas *et al.*, 2009). Déforestation, brûlis répétés, abandon progressif de la jachère sont autant de facteurs qui, sur ces sols dégradés et fragiles, n'ont fait qu'accélérer les processus d'érosion naturels. Les conséquences sont alarmantes : perte de fertilité des sols, ensablement des canaux d'irrigation en aval, chute de la production halieutique et des rendements. Aujourd'hui, sur les 30 000 hectares de rizières aménagés par la SOMALAC, entre 10 000 et 15 000 hectares bénéficient actuellement d'une bonne maîtrise de l'eau (Durand et Nave, 2007).

Dans ce contexte de dégradation croissante des ressources naturelles, des programmes de recherche et développement nationaux et français ont mis en place la diffusion de techniques agro-écologiques, basées sur l'agriculture de conservation. Les systèmes de culture sous couvert végétal (SCV) sont une des techniques diffusées depuis les années 1990 au lac Alaotra. L'objectif de l'introduction de ces nouveaux systèmes de culture est d'améliorer les rendements tout en préservant les ressources naturelles.

Après s'être heurtée à de nombreuses difficultés (contraintes d'accès aux intrants, complexité des techniques pour les petites exploitations), l'adoption des SCV a commencé à se généraliser de manière importante depuis les années 2000, avec le lancement du projet « mise en valeur et protection des Bassins Versants du Lac Alaotra (BVLac) ». Ce projet, démarré en 2003, a été conduit en deux phases successives d'une durée de 5 ans chacune, passant d'une approche conseil technique à la parcelle à une approche globale de l'exploitation.

En 2003, l'Agence française de développement (AFD), le Fond français pour l'environnement mondial (FFEM) et le Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) lancent le Programme d'actions multi-pays en agro-écologie (PAMPA), pour une durée de 5 ans. L'objectif de ce programme est de renforcer le caractère scientifique de l'approche agro-écologique en

particulier dans les domaines de l'évaluation économique et des conditions d'adoption des SCV, peu étudiés jusqu'à présent. Ce programme concerne 5 terrains où les SCV sont développés depuis des durées différentes et à différentes échelles ; Madagascar, Cameroun, Laos, Brésil, et Vietnam. Le CIRAD, maître d'œuvre du programme, répond à cet objectif notamment par le groupe de travail numéro 3, au sein duquel s'inscrit ce stage, intitulé « Evaluation des impacts socio-économiques des SCV dans les exploitations agricoles et des déterminants de l'innovation ». Le groupe de travail n°3 du projet PAMPA (GT3) est constitué par une équipe de chercheurs de l'IRD, du CIRAD (URP SCRID), et du FOFIFA.

Dans le but de répondre à cet objectif, cette étude, basée partiellement sur la méthodologie EVALINOV (Faure *et al.*, 2010), réalise une évaluation prospective technico-économique de l'introduction des SCV dans les exploitations agricoles de la région du lac Alaotra.

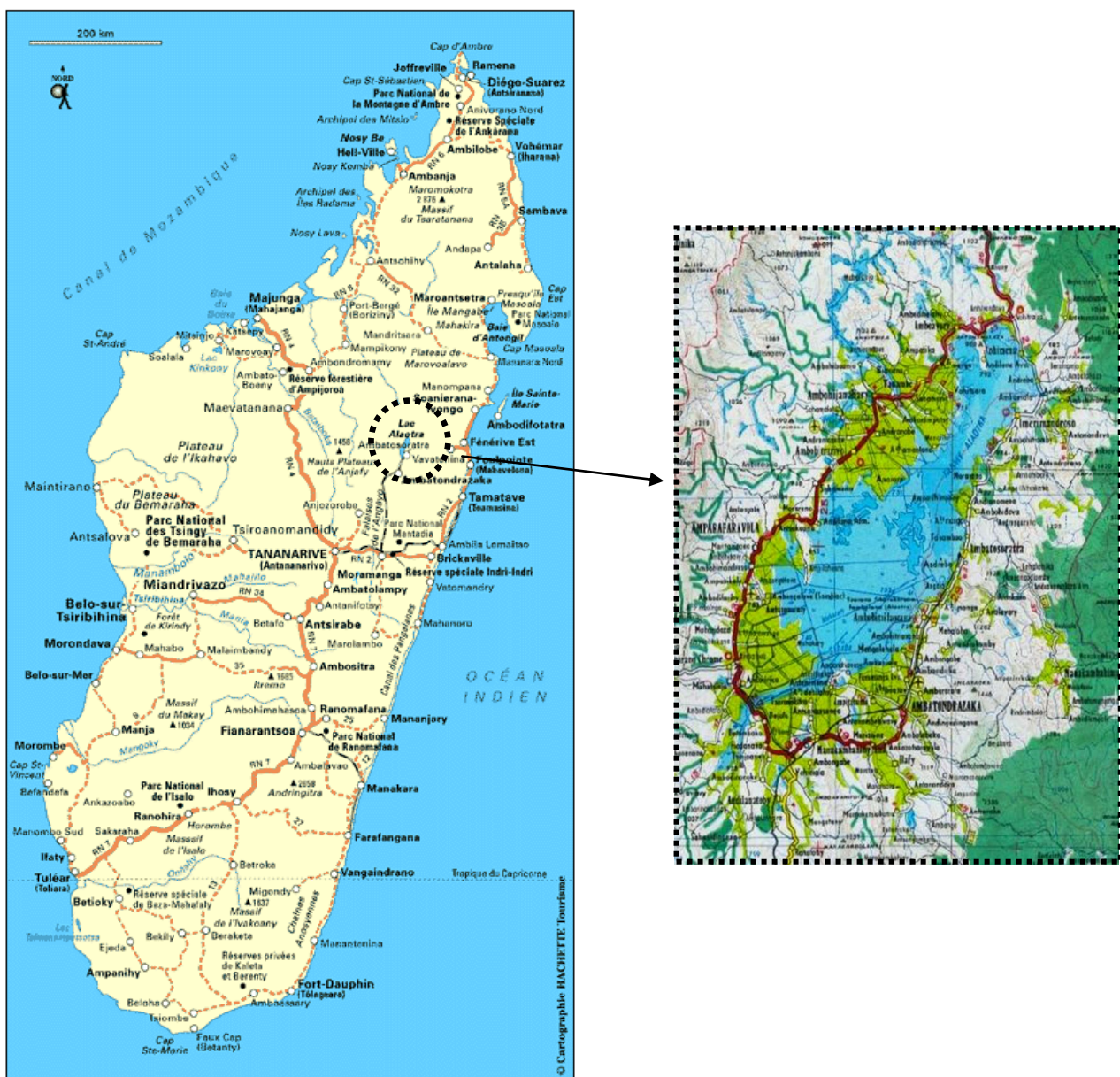
Plus de 11 ans après le début de la diffusion des SCV dans la région du lac Alaotra par le projet BV-Lac, et au terme de l'échéance du projet PAMPA, quel est le constat de l'introduction des SCV sur le revenu des exploitations ? La mise en place de ces systèmes a-t-elle amélioré le revenu des exploitations ? Dans quelles conditions ?

Après une présentation du contexte de l'étude en première partie, on explicitera dans une deuxième partie la méthodologie adoptée, puis on présentera en troisième partie, les résultats obtenus. La dernière partie s'attachera à discuter les méthodes d'obtention des résultats, les limites de l'étude et ses perspectives.

## I. La région du lac Alaotra : un creuset d'innovations dans un contexte de pression foncière

### I.1. L'Alaotra : des premières colonisations à l'indépendance

La région du lac Alaotra est située dans le moyen-est du pays, à 250 km au Nord d'Antananarivo (Figure 1). C'est une zone de plaine située à 750 m d'altitude entourée de montagnes escarpées et érodées pouvant atteindre les 1500 mètres.



*D'après les travaux de thèse de géographie de Garin (1998) et Teyssier (1994).*

La région de l'Alaotra a été colonisée au XV<sup>ème</sup> siècle environ par l'ethnie Sihanaka contrainte à l'exil depuis les Hautes-terres. Le lac est alors entouré de zones marécageuses où la végétation principale est composée par des cypéracées. Les marais à l'est du lac sont progressivement exploités pour la riziculture, par défriche-brûlis suivi d'une mise en boue par les zébus. Le riz est semé à la volée. Il s'agit d'une riziculture de décrue extensive à faible rendement. Progressivement, les *baiboho* et les terres exploitables des collines sont exploités avec des cultures pluviales sur de très faibles surfaces. Cela correspond aux cultures de jardins de case (manioc, maraîchage) bêchées à l'*angady*, autour des lieux d'habitation. La mise en valeur du territoire est alors amorcée. S'ensuit au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle, une vague de migration de l'ethnie Merina depuis les Hautes terres vers la région de l'Alaotra. L'élevage extensif bovin s'installe grâce aux grandes plaines à l'ouest du lac. Le système de riziculture traditionnelle (semis sur boue en saison suivi d'une jachère), intégrant l'activité pastorale à la riziculture se généralise. De nouvelles techniques émergent permettant de réduire les temps de travaux à la récolte (l'usage de la faucille remplace le couteau à dent), et au battage du riz (piétiné par les zébu plutôt que battu à la faux). Tandis que les Sihanaka cultivent des variétés locales de riz rouge, les Merinas introduisent des variétés de riz à grains blancs.

La colonisation française de la région commence en 1896, attirée par le fort potentiel agricole des vastes plaines. Les premiers périmètres colonisés (PC) sont créés. Les concessions d'une centaine d'hectares ne sont finalement que peu mises en valeur, l'administration coloniale investit plutôt dans la recherche agronomique afin de développer des techniques de culture plus intensives comme le repiquage, déjà pratiqué par les Merina ou de nouvelles variétés de riz pour l'exportation. Le repiquage va être largement diffusé à partir de 1950 et se généralise dès les années 1960. La charrue et la traction attelée sont rapidement diffusées dans les années 1920 et largement adoptée depuis les années 1960. Elles permettent de diviser le temps de labour par 5 par rapport au labour traditionnel à l'*angady*. En 1923 les premiers travaux d'aménagement et de désenclavement de la région débutent ; réalisation d'une ligne de chemin de fer Antananarivo-Tamatave, création de la route Antananarivo-lac Alaotra, aménagements des périmètres de colonisation. Les migrations vers le lac Alaotra s'accroissent. Les cultures pluviales apparaissent dans le sud-est, où le foncier commence à se saturer. L'élevage de porc, *fady* pour les Sihanaka est introduit par les migrants. L'aviculture de type familiale et traditionnelle est très répandue. Presque chaque famille possède au moins quelques poules, oies ou canards, dindons (Ministère de l'Agriculture, 2001). Les colons français introduisent l'*Eucalyptus robusta*, qui après l'arrêt des constructions continuera à être massivement exploité par les paysans de l'Alaotra comme bois de chauffe, bois d'œuvre, et charbon, constituant une des meilleures sources de revenus complémentaires. Dès 1940, la filière riz destinée à l'export se développe grâce aux aménagements hydrauliques ; construction de canaux de drainage sur le marais et de canaux d'irrigation sur les PC 15 et 23. Les grands agriculteurs (bien souvent des colons européens) introduisent les premiers tracteurs pour la riziculture irriguée. Dès 1957 la zone ouest de l'Alaotra devient la première zone de production et d'export de riz. A l'est ce sont les cultures de rente (arachide, manioc) qui se développent sur les bas fonds. Après la proclamation de l'indépendance



en 1960, les huileries et féculeries ferment et les exportations s'arrêtent. Les colons ont alors quitté la région tandis qu'arrivent de nouvelles vagues de migration en provenance des grandes villes. C'est le début de la saturation des rizières et des marais. La colonisation des *tanety* à terme était dès lors inscrite dans l'évolution du système agraire.

## I.2. Histoire récente du lac Alaotra : de l'indépendance à aujourd'hui

Le gouvernement malgache, dès l'indépendance (1960), a fait du lac Alaotra une zone d'intervention privilégiée des projets de développement à destination de l'agriculture familiale (PDR, projet *Imamba Ivakaka*); projet foncier, développement de la riziculture irriguée (SOMALAC), de la mécanisation agricole, puis plus tard avec le projet BVLac le développement de la culture pluviale sur *tanety* avec la diffusion des SCV (Penot, 2009).

La création de l'établissement public SOMALAC en 1961 a permis la mise en valeur rizicole de la cuvette lacustre de l'Alaotra, aujourd'hui également nommée le « grenier à riz de Madagascar », par la réalisation d'importants aménagements hydro-agricoles (Devèze, 2007). La forte intensification de la riziculture ensuivie, réalisée notamment par le biais de nombreuses innovations (intrants, traction attelée...), explique en partie les résultats de l'agriculture dans cette région : c'est en effet une des seules zones excédentaires en production de riz, qui alimente les deux principales villes du pays, Antananarivo et Tamatave (Penot, 2008). La région a vu sa population exploser depuis 1897 par l'arrivée de nombreux migrants attirés par la richesse de la cuvette, en recherche de terres à cultiver (Penot, 2009). La population a presque doublé en 20 ans pour atteindre aujourd'hui plus de 670 000 habitants dont 80 % d'agriculteurs (Devèze, 2007). Progressivement, on assiste à une saturation du foncier de plaine rizicultivable (rizières irriguées et bas fonds) ce qui amène les agriculteurs à la colonisation des *tanety* pour leur subsistance alimentaire. Les pentes et les sommets des *tanety*, sensibles à l'érosion sont progressivement colonisés et s'installent les cultures pluviales. Dans les *baiboho* (sols alluviaux exondés des plaines et des bas-fonds) la durée des jachères tend à se réduire pour faire face au morcellement progressif des exploitations (Garin, 1998). L'accentuation des phénomènes érosifs sur les *tanety* combiné au désengagement progressif de l'état (manque d'entretien des aménagements hydro-agricoles depuis la fermeture de la SOMALAC en 1990) entraînent d'important dégâts sur les rizières en aval. Les rizières irriguées deviennent progressivement des rizières à mauvaise maîtrise de l'eau (RMME), soit aujourd'hui environ 70% des rizières du lac (Devèze, 2007). Parallèlement, la production de riz est passée de 290 kg/an/habitant en 1970 à 113 kg/an/habitant en 2008, du fait du doublement de la population tous les 20 ans (Penot, 2009).

C'est dans ce contexte, aggravé de multiples crises politiques successives, que la recherche scientifique (CIRAD et FOFIFA), relancée depuis les années 2000, tente de diffuser de nouvelles techniques agricoles au lac Alaotra permettant de concilier intensification et préservation des ressources. La problématique principale est d'augmenter la production des zones de bas fonds et de mettre durablement en valeur les collines au potentiel agronomique intéressant (Domas *et al.*, 2009). A travers le projet BVLac se diffusent les thèmes de la sécurité foncière, la diversification,

l'intensification, la petite mécanisation (développement déjà amorcé en 1990), l'intégration agriculture-élevage, et enfin un nouveau paradigme : les SCV.

### I.3. Un nouveau paradigme : les SCV comme réponse aux contraintes agronomique, environnementale et économique

Les SCV ont été introduits dans la région du lac Alaotra en réponse à trois grands défis : diminuer la pauvreté, nourrir les hommes, et enrayer la dégradation de l'environnement biophysique : globalement afin de développer une agriculture durable en opposition à l'agriculture pluviale conventionnelle.

L'agriculture de conservation (AC) représente une large famille de systèmes de cultures dont les SCV font partie, obéissant simultanément à trois grands principes techniques (définition FAO 2009) :

- Perturbation minimale du sol et de la litière
- Protection du sol via le maintien d'une couverture végétale permanente en surface
- Diversification des rotations et associations de cultures

La combinaison de ces 3 principes conduit à une démarche d'intensification écologique, en permettant la conservation du sol et de la biodiversité associée. Le changement de paradigme réside dans le fait que les techniques novatrices de l'agro-écologie impliquent l'abandon du labour et la combinaison de plantes dont certaines ne sont pas productives mais génèrent au sein du système des externalités positives.

Les pratiques de l'AC vont des techniques culturales simplifiées (TCS : un labour tous les deux cycles de culture et un semis direct suivi de sarclages classiques) à des techniques plus élaborées comme les SCV. On distingue deux grands type de SCV, les systèmes sur couverture morte et sur couverture vive (Faure *et al.* 2009).

En conditions tropicales, l'efficacité agronomique et écologique de ces systèmes a été mise en évidence par de nombreux travaux à l'échelle de la parcelle cultivée. Ont été constaté : une réduction très nette du ruissellement (Findeling et al. 2003, cité par Penot, 2009) et de l'érosion (Lal, 2007 cité par Penot, 2009) grâce à la couverture permanente du sol, d'où une amélioration du bilan hydrique (Scopel et al. 2004 cité par Penot, 2009). Les plantes de couverture et le non labour permettent un enrichissement de l'horizon de surface en carbone et en matière organique permettant le maintien de la fertilité du sol à terme (Bernoux et al. 2006, Corbeels et al. 2006 cités par Penot, 2009). On constate également 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 cités par Penot, 2009). La plante de couverture permet par ailleurs un contrôle des adventices (Séguy *et al.* 2006 cité par Penot, 2009).

Toutefois ces résultats restent à nuancer, les bénéfices des ces systèmes sont variables suivant leur conditions d'application. Le bilan écologique est parfois mitigé : recours fréquent aux

phytosanitaires, nécessité d'adaptation des itinéraires techniques aux pratiques et aux intérêts locaux, gestion de la compétition sol-animal pour la biomasse, contraintes liées à la petite agriculture familiale ; travail familial manuel ou traction attelée, faibles moyens monétaires (Serpentié, 2009).

Les SCV ont été promus dans un contexte de « front pionnier permanent lent » (Penot, 2009) au lac Alaotra dans le double objectif : intensifier la production pour accroître le revenu des paysans et préserver les ressources naturelles. Il s'agit donc de mettre en place des systèmes de culture diversifiés et localement adaptés permettant une production régulière et durable (Domas *et al.*, 2009). Il faut cependant rappeler que les systèmes SCV demandent un investissement plus ou moins conséquent (intrants chimiques ; engrais minéraux, herbicides insecticides, équipements ; canne planteuse, semoir) (Bolliger 2006, Ribeiro 2001, cité par Penot 2009). Le recours à ces investissements est souvent indispensable pour faire face aux aléas (adventices, *mulch* ratés, parasites...). Ainsi la mise en œuvre de ces systèmes innovants plus ou moins complexes, doit répondre aux objectifs et contraintes des agriculteurs, afin de minimiser le risque, et nécessite un réseau de services agricoles (conseil technique) et financiers (crédit) adaptés.

## II. Les SCV dans le paysage du lac Alaotra

### II.1. La mise en œuvre de la diffusion des SCV au lac Alaotra : de multiples acteurs intégrés à un projet pilote

La majorité des surfaces actuelles en SCV de Madagascar se situent au lac Alaotra. En effet, leur développement a été facilité par son contexte particulier, prédisposé à l'agriculture « grenier à riz » et depuis bien longtemps réceptacle dynamique d'innovations (Serpentié, 2009).

Les premières vulgarisations des SCV par l'ONG Tafa au lac Alaotra ont lieu en 1998 selon un modèle descendant de création diffusion (micro projets BRL et ANAE). L'ONG Tafa s'occupe de la démonstration sur les sites de référence, tandis que les projets locaux diffusent les techniques, et forment des paysans « consultants », en vue d'une diffusion en « tache d'huile » (Serpentié, 2009). Cette diffusion reste ponctuelle jusqu'en 2000 par manque de ressources financières et humaines et par l'absence d'approche spécifique de développement de ces systèmes agro-écologiques « intensifs en connaissances » (Husson *et al.*, 2006). En amont la recherche agronomique ; URP SCRID (collaboration FOFIFA/CIRAD créée en 2001) travaille sur l'adaptation des techniques brésiliennes des SCV à partir de 2006 au lac Alaotra.

Progressivement, à partir de 2004, la diffusion se fait selon une approche systémique. Sont pris en compte à l'échelle du bassin versant, l'élevage, la dimension socio-économique, et la gestion des ressources naturelles. Le conseil technique s'adapte aux agriculteurs sous forme d'actions intégrée (formations théoriques et pratiques, développement du suivi-évaluation). Un consortium, le

GSDM, est constitué pour coiffer l'ensemble du dispositif. Les moyens financiers sont apportés en 2002 par l'AFD et le MAEP (Serpentié, 2009).

En 2003, les systèmes SCV sont diffusés à plus large échelle par le projet de mise en valeur et protection des bassins versants (BVLac) (cf. Annexe 1). Au sein du projet la diffusion des techniques est mise en œuvre par différents opérateurs : AVSF et ANAE à l'ouest du lac (cf. Annexe 1), et BRL (cf. Annexe 1) à l'est. Ces opérateurs sont appuyés par le bureau d'étude BEST (appui aux groupements de producteurs) (cf. Annexe 1).

Le projet BVLac est un projet pilote pour la phase I (2003-2008) dont les objectifs sont : 1) Accroître et sécuriser les revenus des producteurs agricoles, 2) Préserver les ressources naturelles et sécuriser les investissements d'irrigation en aval, 3) Aider l'organisation de producteurs et les communes rurales à devenir les maîtres d'œuvre de leur développement.

Ce projet a pour vocation de montrer la faisabilité de certaines actions au niveau local pour les extrapoler au niveau national. Il organise ses activités sur 4 grands axes : mise en valeur et protection des ressources, infrastructures, foncier et (in)formation. Cependant, il s'est concentré essentiellement autour de la diffusion de techniques agro-écologiques que sont les systèmes SCV (Oustry, 2007). Les outils et les approches mis en œuvre pour la diffusion ont évolué au cours des phases successives du projet.

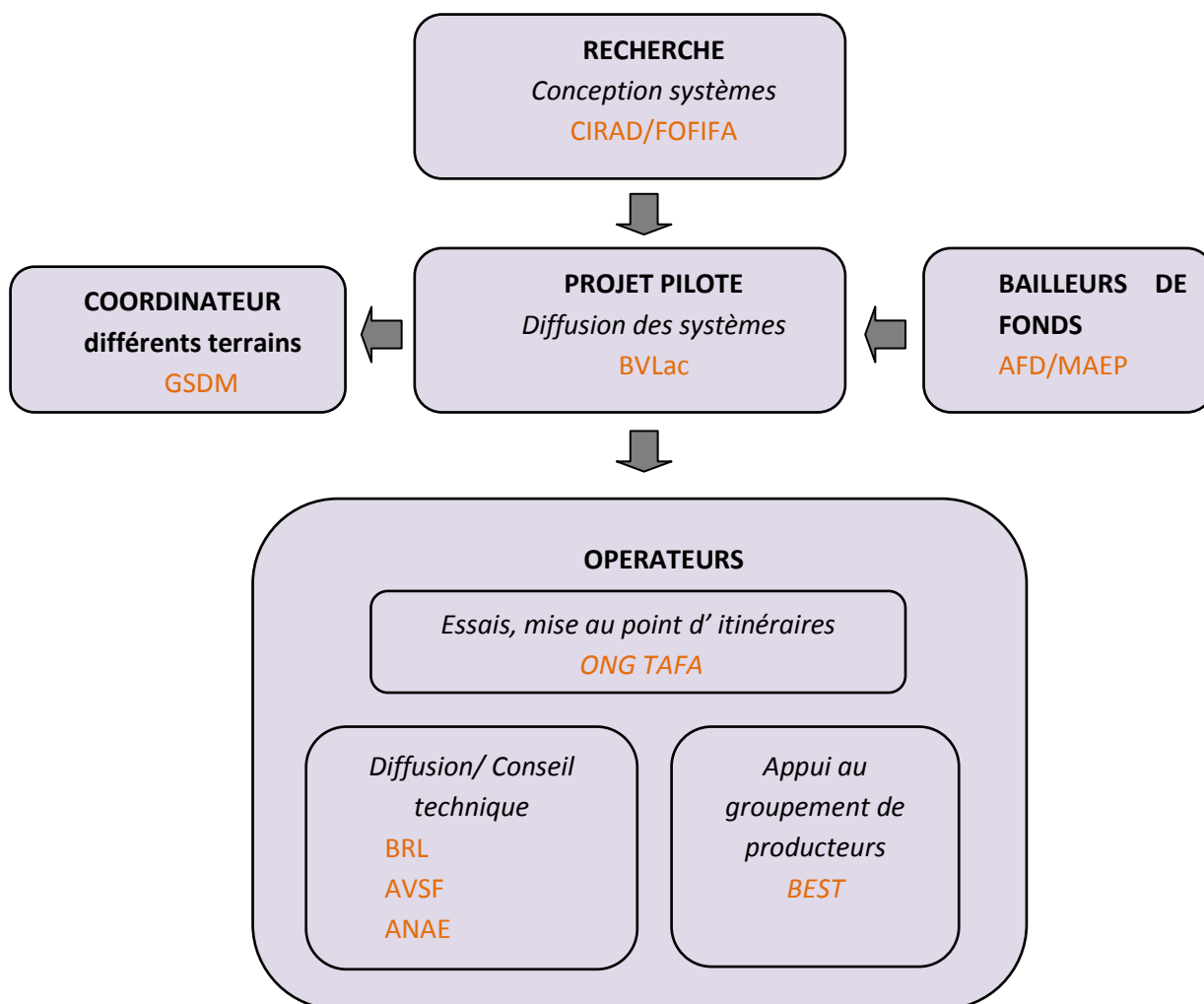


Figure 2 : Organigramme de la diffusion des systèmes SCV au lac Alaotra

## II.2. Les premières diffusions par Tafa et micro projets : 2000-2003

Lors de la vaste campagne de diffusion des SCV par Tafa en 2000, les systèmes de cultures diffusés étaient ceux à base de couverture morte (paille de riz, ou *bozaka*). Les parcelles test étaient installées chez les paysans volontaires et servaient de sites de démonstration pour les agriculteurs en visites organisées par les techniciens (ANAE, BRL, Tafa). Tous les intrants étaient avancés et les cultures étaient conduites par les techniciens. Puis progressivement s'est mise en place une politique incitative de prise de risque (2001) : les intrants étaient avancés par le projet et le remboursement se faisait en nature que si la récolte était bonne. L'année suivante les remboursements devaient s'effectuer quelle que soit la récolte.

## II.3. Phase I du projet BVLac, une approche de diffusion à la parcelle sur une plus large échelle : de 2003 à 2008

Lors du lancement du projet BVLac l'année suivante (2003) les premières contraintes techniques et économiques commencent à émerger. L'ONG Tafa diffuse les premiers systèmes à base de couverture vive (céréale/légumineuse), systèmes à haut niveau d'intrants et donc haut niveau

d'investissement pour les petits agriculteurs. L'avance des intrants est toujours maintenue mais les taux de non remboursement s'élèvent, tandis que la qualité des semences récupérées (pour la saison d'après) est médiocre. Le projet opte alors pour une redirection vers les micro-crédits alloués par la Bank of Africa (BOA). Le nombre d'adoptants et de surfaces en SCV étant croissant, le projet encourage la création d'organisation de producteurs (OP), également appelés groupements semis-direct (GSD) afin de diffuser le message technique plus directement et d'obtenir des prêts à caution solidaire. En parallèle, le projet augmente l'effectif de techniciens notamment par l'emploi d'AVB (agent vulgarisateur de base), choisis parmi les paysans les plus motivés. L'opérateur BEST appuie les GSD et autres OP dans un premier temps pour les crédits, puis ces derniers traitent directement avec les banques. Le projet se retire progressivement de ses fonctions concernant l'accès au crédit.

Les opérateurs de diffusion assurent le suivi des parcelles dont les résultats sont compilés dans une base de données. Les informations collectées portent sur les rendements, les itinéraires techniques et les principales pratiques culturales. L'exploitation de cette base de données permet de mieux appréhender les processus d'innovation locaux (adaptation et transformation des savoirs et savoir faire diffusés) face au réel changement de paradigme pour les agriculteurs (Domas *et al.*, 2009).

En 2008, les opérateurs constatent que la plupart des crédits contractés sont des « crédits marmites » ; c'est-à-dire des crédits initialement destinés aux parcelles SCV mais qui en réalité sont utilisés sur les parcelles non SCV notamment les rizières et pour les biens de consommation. L'approche d'encadrement à la parcelle semble inadéquate, c'est pourquoi le projet adopte rapidement une approche exploitation lors de sa deuxième phase.

#### II.4.Phase II du projet BVLac, une approche de diffusion à l'échelle de l'exploitation : de 2008 à 2013

L'approche parcellaire a montré rapidement ses limites en terme d'efficacité au vu des forts taux d'abandon d'une année sur l'autre (environ 35%) (Domas *et al.* 2009). Une approche exploitation prenant en compte l'intégralité des facteurs de productions et contraintes qui orientent les choix des agriculteurs est adoptée depuis 2007. Cette approche intègre également la notion de systèmes d'activités où co-existent une exploitation agricole et un ménage avec des activités et des revenus agricoles et extra-agricoles (*off-farm*). Une gamme de nouveaux systèmes SCV sont mis au point et diffusés : des systèmes à forte production de biomasse, à base de jachère améliorées de *stylosanthes* et *bracharia* sur 3ans, le système de rotation riz/vesce (Fabre, 2010). Les intrants ne sont plus fournis par le projet, le transfert d'activité s'est fait vers les OP. Seul le transfert des semences de certaines plantes de couverture difficiles à se procurer se fait par le projet (récoltées auprès des agriculteurs et conditionnées en kit que le projet fournit).

L'adaptation du message technique par les opérateurs est alors réalisée au travers de la mise en place des outils suivants. En 2007 est créée (adoptée en 2008) une typologie d'exploitations (cf.

Annexe 2) basée sur la caractérisation des exploitations agricoles de la zone (Domas *et al.*, 2009). Puis s'ensuit la création d'un réseau de fermes de référence (cf. Annexe 3), représentatives des zones cibles, afin d'observer, décrire, et analyser les évolutions liées aux exploitations agricoles. L'outil de modélisation économique des exploitations agricoles Olympe (cf. Annexe 4) s'appuie notamment sur ce réseau au travers d'analyses prospectives afin de proposer aux différentes catégories d'exploitants des améliorations de leur exploitation. Des sessions API (Accélération de la Propagation de l'Innovation) d'autoévaluation des paysans, sont également mise en place pour mieux comprendre les processus d'innovation mis en œuvre (Domas *et al.* 2009). Dans cette deuxième phase du projet l'approche exploitation comprend un suivi des adoptions/abandons afin de mettre en lumière les contraintes liées à l'adoption.

La deuxième et dernière phase du projet BVLac a pour objectif l'autonomisation progressive des OP par le transfert des compétences et des outils. Cependant, cette autonomisation n'est pas encore assez solide pour le transfert de toutes les activités (Fabre, 2010). Les abandons restent encore trop nombreux malgré le tel déploiement de forces et d'intégration des institutions, dont peu de projets agricoles dans les pays pauvres bénéficient (Serpentié, 2009). Les motifs d'abandon sont divers : résultats économiques jugés insuffisants, divagation d'animaux détruisant les couvertures, insécurité foncière, aléas climatiques. La recherche travaille sur l'amélioration et l'adaptation des techniques SCV en évolution avec tous les acteurs de l'innovation.

## II.5. Les systèmes SCV diffusés au lac Alaotra

On peut distinguer d'après Naudin *et al.*, (2007) deux moyens différents de réaliser des systèmes SCV : 1) importer la biomasse depuis les parcelles voisines : système simple mais intensif en travail et l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol reste limitée. 2) produire le *mulch* sur la parcelle (défriche de la végétation naturelle, résidus de culture, plante de couverture en association avec la culture principale) : techniques simples à plus complexes lorsqu'il faut maîtriser la plante de couverture pour éviter la concurrence avec la culture principale.

### II.5.1. Une gamme de systèmes SCV adaptée aux différents milieux et à leur valorisation

Les systèmes diffusés sont volontairement très diversifiés afin de s'adapter aux multiples situations culturelles et catégories d'exploitations. En effet, les caractéristiques biophysiques d'une unité agronomique déterminent le degré de risque que l'agriculteur est prêt à prendre ; plus le risque est élevé moins les investissements seront importants.

Divers systèmes de culture adaptés aux différentes unités morpho-pédologiques avec les cultures sélectionnées par les producteurs ont été identifiés et proposés (Domas *et al.* 2009) :

- Sur *tanety* moyennement fertiles : avec des systèmes SCV à bas niveau d'intrants car le risque est élevé à ce niveau de topo-séquence (notamment la sécheresse)
- Sur *tanety* fertiles avec des systèmes SCV simples ; pluviaux annuel, pérennes ou semi pérennes (fruitiers) privilégiant les systèmes à bas niveau d'intrants mais pouvant conduire à une intensification plus marquée
- Sur bas fonds (*baiboho* et RMME) avec des systèmes plus intensifs du fait d'un risque beaucoup plus faible ; cultures rizicoles de saison (riz flexible SEBOTA notamment) et cultures de contre-saison ont été développés afin d'augmenter le revenu des paysans et la production de biomasse pour couverture et / ou pour l'alimentation du bétail en saison sèche.

Les systèmes SCV ne sont pas applicables aux *tanety* très peu fertiles, pentus ou difficile d'accès ainsi qu'aux rizières irriguées. La mise en valeur des *tanety* peut se faire avec des systèmes forestiers (eucalyptus) ou fourragers (*brachiaria*) et par des cultures de diversification pluriannuelles peu exigeantes (ananas). Sur rizières irriguées sont diffusées des techniques améliorées, relativement connues et maîtrisées par les producteurs systèmes de riziculture intensive et améliorée (SRA).

Sur les zones à risque important (sécheresse, inondations, ensablement, etc.) ne seront appliqués que les systèmes à bas niveau d'intrants. A l'inverse sur les zones à faible risque climatique (*baiboho*), le niveau d'investissement va être plus élevé car susceptible de générer des gains importants à moindre risque, et un retour sur investissement particulièrement intéressant. Le dernier critère de choix des systèmes de culture et itinéraires techniques est l'intégration des diverses activités sur l'exploitation (agriculture-élevage). Cette intégration permet d'une part d'augmenter le disponible fourrager pour les animaux en profitant notamment des espaces non cultivés pour installer fourrages et cultures associées, et d'autre part pour utiliser les sous-produits animaux fertilisants sur les zones à fort potentiel de production, tout en limitant les dépenses de l'exploitant dans des engrais chimiques au prix fluctuant.

## II.5.2.Des itinéraires techniques préconisés en fonction du niveau de toposéquence et des facteurs de production

Des itinéraires techniques adaptés à chaque type de situation culturelle et à chaque type d'exploitant sont proposés selon les principaux critères suivants : mode de tenure des terres, capital financier, main d'œuvre disponible, localisation de la parcelle sur la toposéquence, fertilité des sols, préférences des paysans, complémentarité avec les activités d'élevage et disponibilité en biomasse (Domas *et al.* 2009).



### II.5.2.1. Les systèmes produisant peu de biomasse (sur couverture morte importée, paillage ou résidus de la culture précédente)

#### ▪ Riz pluvial sur couverture morte

Le riz est la céréale de prédilection des paysans malgaches. A l'échelle de l'exploitation, le riz pluvial sur couverture avec des variétés à cycle court présente un intérêt majeur de par le fait que la production des rizières irriguées est souvent insuffisante, voir inexistante sur certaines zones encadrées par le projet. La récolte est effectuée pendant la période de soudure au cours des mois de mars et avril, avec des prix de vente plus élevés.

#### ▪ Maraîchage et légumineuses souterraines sur paillage

Le maraîchage de contre saison ou légumineuse sur paillage produisent généralement de très bons résultats en SCV. Les gains en temps de travaux procurés par le paillage (pas ou peu de sarclage, peu d'arrosage) permettent de dégager des marges importantes. Une gamme complète de plantes maraîchères est ainsi proposée aux adoptants.

### II.5.2.2. Les systèmes produisant d'importantes quantités de biomasse

Les systèmes à base de biomasse importée sont difficilement mis en place par certains paysans : accès difficile à la biomasse, manque de disponibilité en main d'œuvre pour la fauche et le transport, coût élevé des bottes. Ces systèmes sont peu diffusés dans la région. Une alternative intéressante consiste à mettre en place une couverture vive en première année (rapportant un revenu si possible) qui aura deux principales vocations : restructuration et enrichissement du sol, et création de biomasse pour la culture suivante, en alternance avec des systèmes à base de graminées principalement.

#### ▪ Légumineuses volubiles en culture pure ou en association avec du maïs ou du sorgho

Cet itinéraire consiste en l'installation d'une légumineuse volubile à fort pouvoir envahissant de type *tsiasisa* (*Vigna umbellata*), dolique (*Lablab purpureus*) ou *mucuna* (*Mucuna pruriens* var. *utilis*). Ces plantes à cycle long (de 5 à 6 mois) permettent de créer une quantité très importante de biomasse, qui pourra être utilisée comme *mulch* pour la culture suivante avec par ailleurs, d'importantes quantités d'azote fixées par les nodosités. Cet itinéraire est préconisé sur tous les niveaux de la toposéquence avec une fumure organique conséquente sur les sols les moins fertiles. L'association avec du maïs permet d'allier une production vivrière (maïs et légumineuse si cette dernière produit des graines comestibles) à une production de biomasse sur la parcelle. La rotation « maïs + légumineuse // riz pluvial » est la plus répandue.

#### ▪ Les systèmes à base de *stylosanthes guianensis*

*Stylosanthes guianensis* est une plante pérenne, particulièrement adaptée pour améliorer les jachères car dotée d'un système racinaire puissant et pouvant fixer de grandes quantités d'azote. C'est également un fourrage de très bonne qualité pour les zébus. Contrairement aux *Brachiaria* sp. un simple décapage permet sa destruction, pas de recours aux herbicides. Les rendements en

riz pluvial obtenus sur reprise de jachère de 1 à 2 ans à base de stylo sont excellents, même à faible dose d'engrais. Le stylo peut être mis en place en culture pure ou en association avec une céréale, du manioc, du pois de terre, etc. pour générer des revenus tout en produisant de la couverture.

▪ **Les systèmes à base de *Brachiaria sp.***

Trois espèces sont diffusées en milieu paysan : *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* et *Brachiaria humidicola*. Ces graminées fourragères permettent de fournir une quantité de biomasse très importante, même dans des sols très peu fertiles. Leur capacité de restructuration est très importante, elles sont beaucoup mieux adaptées que des légumineuses annuelles pour revégétaliser les sols dégradés des collines. Elles constituent également d'excellents fourrages. Les *Brachiaria sp.* peuvent être mis en place en culture pure ou en association avec du manioc, du pois de terre, etc.

▪ **Les systèmes à base de vesce**

Ces systèmes sont installés sur les *baiboho* ou les RMME. La vesce permet d'obtenir une grande quantité de biomasse et des rendements de riz élevés même à faible niveau d'intrant. Sa destruction nécessite cependant d'avoir recours aux herbicides.

### II.5.3.Synthèse des systèmes SCV diffusés selon la toposéquence

Tableau 1 : Possibilités d'itinéraires techniques applicables selon les milieux physiques (Domas et al., 2009)

Type de sol	Niveau d'intensification	Types de systèmes
<i>Tanety</i> riches	Tout niveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intensif à base de céréales (rotation maïs + légumineuse // riz)</li> <li>▪ Extensif à base de plante fourragère</li> </ul>
<i>Tanety</i> pauvres	Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extensif à base de plante fourragère (riz sur jachère longue)</li> <li>▪ Légumineuse souterraine sur paillis</li> </ul>
RMME	Tout niveau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intensif à base de céréales (rotation maïs + légumineuse // riz)</li> <li>▪ Extensif à base de plante fourragère</li> </ul>
<i>baiboho</i>	Elevé	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intensif à base de céréales (rotation maïs + légumineuse // riz)</li> <li>▪ Intensif rizicole avec contre saison (rotation légumineuse // riz ou riz//maraîchage paillé de CS)</li> <li>▪ Système intensif avec jachère d'un an de <i>stylosanthes</i></li> </ul>

Ces systèmes sont diffusés en proportions variables dans les différentes zones du lac Alaotra. Les *tanety* prédominent dans le nord du lac, alors que les *baiboho* et les rizières sont très répandues au sud-est.



- Tanety élevés parsemés de *lavaka*.  
Zone de pâturage
- Tanety cultivés (cultures pluviales)  
**Maïs+ légumineuse//Riz pluvial**  
**Stylosanthes ou brachiaria//Céréales**
- Baiboho* et RMME  
**Riz pluv.//vesce**  
**Riz pluv. //maraîchage paillé**  
**Maïs + lég. //riz pluvial**
- Rizières irriguées*  
**Riziculture améliorée**

Figure 3 : Les SCV dans le paysage des vallées du sud-est (Fabre, 2010)



- Tanety très cultivés à faible pente  
**Maïs + légumineuse//Riz pluvial**
- Tanety à forte pente  
**Stylosanthes ou  
brachiaria //céréales ou tubercules**

RMME

- Bas de pente de tanety très cultivé  
**Maïs + lég. //riz pluvial**  
**Stylo. //riz pluvial**

Figure 4 : Les SCV dans le paysage du nord-est ( Fabre, 2010)

### III. La place des systèmes SCV dans les exploitations agricoles au lac Alaotra

La place qu'occupent les SCV au lac Alaotra n'a commencé à être évaluée qu'à partir de 2005. L'évaluation se fait à partir des bases de données « parcelles » et « exploitation » de BVLac remplies après chaque campagne par les opérateurs des différentes zones. Ces bases de données sont ensuite transmises au GSDM qui se charge de les analyser et de fournir des statistiques sur l'adoption des systèmes diffusés. Ces statistiques comportent cependant des biais : systèmes fourragers, riziculture améliorée (SRA) ou intensive (SRI), ou encore surface en « devenir SCV » sont souvent comptabilisées.

Le taux d'adoption des SCV est un bon indicateur de l'intérêt que portent les agriculteurs à ces innovations techniques et donne un état des lieux de l'efficacité de la diffusion. Cette évaluation a fait l'objet d'une étude en 2010 par Fabre J.

#### III.1. Evolution des surfaces et du nombre d'adoptants

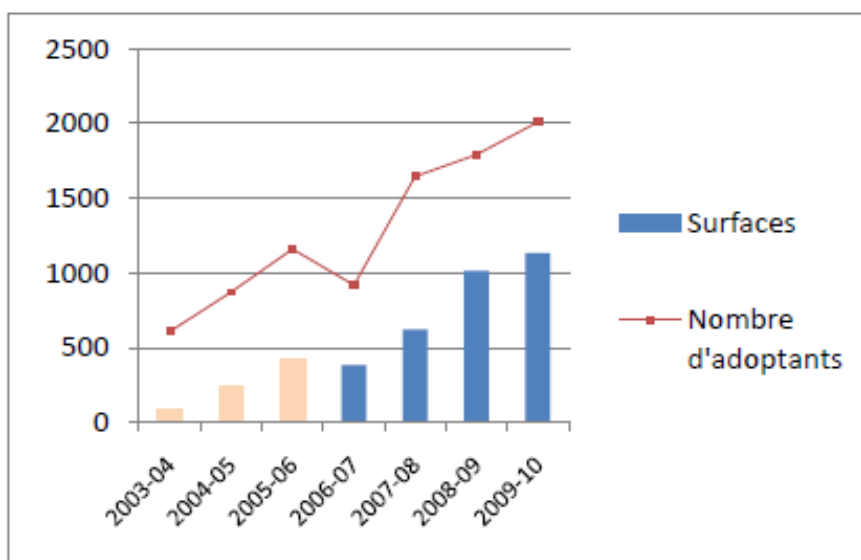


Figure 5 : Evolution des surfaces en SCV et des agriculteurs adoptants au lac Alaotra de 2003 à 2010 (GSDM, BRL, Fabre, 2010)

Pour les campagnes 2006/2007 et 2009/2010 l'analyse a été faite à partir des bases de données brutes. Pour les campagnes précédentes les données sont issues des statistiques du GSDM.

Depuis le début de la diffusion des SCV par le projet BVLac les surfaces en SCV ont augmenté de façon linéaire. L'année 2006/2007 est la seule montrant une régression des surfaces. Cette année correspond à l'arrêt des fonds *revolving* (crédit renouvelable) jusqu'alors proposés par le projet BV-Lac. Les paysans ayant abandonnés sont qualifiés « d'opportunistes », ce ne sont pas à proprement parler de « vrais adoptants de l'innovation ». Seuls les paysans les plus intéressés par les actions du projet ont continué à adopter les techniques diffusées. Depuis 2006 le nombre de surfaces et d'adoptants, qui suit une évolution parallèle, a presque doublé. L'approche exploitation amorcée en 2006 par BVLac et appliquée dès 2008 a sans doute participé à cet

engouement pour les techniques SCV grâce à la formation des opérateurs sur le conseil technique et l'acquisition de données. La régression du nombre d'adoptants et des surfaces en SCV en 2006 a également permis aux opérateurs de travailler avec un nombre restreint d'adoptants, améliorant l'efficacité de l'encadrement (Fabre, 2010).

Dans la zone BRL depuis 2002, chaque année s'ajoutent 130 adoptants et 130 hectares de surface SCV. Les types d'exploitation à forte surface rizicole, les paysans les plus pauvres ou ceux qui ont une activité *off-farm* importante sont encore peu intéressés (Domas *et al.*, 2008). Les premiers adoptants restent ceux qui y voient un intérêt et qui ont les moyens, économiques, ou sociaux de s'y risquer. L'adoption se développe seulement quand les avantages perçus augmentent et quand les nouveautés ont été collectivement acceptées (Serpentié, 2009).

### III.2. Etat actuel de la place des SCV dans les exploitations agricoles

Au lac Alaotra, le système le plus adopté sur alluvions (bas fond : *baiboho* et RMME) est un riz pluvial en saison et une légumineuse (vesce) ou maraîchage sur paille de riz en contre saison. Sur les sols exondés cultivés uniquement en saison des pluies (*tanety*), on retrouve la rotation intra-annuelle maïs//riz pluvial sur *mulch* de résidus, le maïs étant associé à une légumineuse volubile (dolique, *mucuna* ou *vigna*). On trouve également l'association manioc-*bracharia* ou manioc-*stylosanthes* (Domas *et al.* 2008, cité par Serpentié 2009).

En 2009/2010, 1083 hectares de terres cultivées sont en systèmes SCV au lac Alaotra. La majorité des systèmes SCV sont présents sur les *tanety* surtout dans la zone Nord du lac, qui comporte peu de *baiboho*, et inversement pour la zone Sud. La zone ouest se caractérise par peu de *baiboho* et peu de surfaces SCV. Parmi ces 1083 hectares, seulement 83 hectares sont en SCV pérennisés c'est-à-dire ayant dépassé la troisième année de mise en place des SCV, 336 hectares sont des surfaces en expérimentation (année 1 et 2), et 666 hectares sont des surfaces en installation (année 0) . Parmi les surfaces SCV pérennisées, 80% d'entre elles sont des surfaces d'ancienneté de 3 à 4 ans en SCV. Très peu de surfaces sont donc en SCV pérennisées depuis plus de 5 ans (Fabre, 2010).

Au sein des exploitations, la place des SCV est restreinte environ 25 % de la surface totale en moyenne. Elle varie en fonction du type d'exploitation et des systèmes installés. Les exploitations ayant adopté des systèmes SCV intensifs en travail et intrants (petite à moyenne exploitations avec peu de rizières, ou grandes exploitations rizicoles comportant des *tanety*), de types maïs + légumineuses ou riz//maraîchage paillé, ont en moyenne 50 à 75 % de leurs surfaces en SCV. Les exploitations mécanisées tournées vers la riziculture, ont mis en place des systèmes SCV extensifs en travail et intrants à raison de moins de 15 % de leur surface totale pour les plus intéressés, et pouvant aller jusqu'à 25 % de la surface totale dans le cas d'exploitations « opportunistes » (Fabre, 2010).

### III.3.Causes d'abandons

La pratique du SCV ne fait pas nécessairement d'un agriculteur un « adoptant ». L'adoption se définit comme une appropriation par le paysan des savoirs et savoir-faire diffusés. Cette appropriation se construit au travers d'un processus de transformation de l'innovation. Le paysan expérimente les techniques diffusées puis les modifie et les adapte suivant ses contraintes. La première année d'installation du système SCV est qualifiée d'année 0. Il s'agit de l'installation de la plante de couverture après un labour suffisamment profond pour ameublir le sol. C'est la dernière année de labour. La première année de SCV est donc l'année 1. Les paysans installent la culture SCV en semis-direct.

Entre la première année de mise en place du systèmes SCV (année 0) et la deuxième (année 1) le taux d'abandon est en moyenne de 60 % chez les paysans mais varie de 34 à 70% (données 2005-2010 traitées par Fabre, 2010). Les paysans abandonnent le système sans l'avoir expérimenté. Ce sont des paysans qualifiées « d'opportunistes », ils n'ont pas compris ce qu'est le semis-direct. Les rendements en année 0 sont équivalents au système précédent conventionnel à même niveau d'intensification.

Entre l'année 1 et l'année 2, le taux d'abandon avoisine les 45% mais varie de 2 à 72 % selon les années. C'est une phase d'expérimentation pour les paysans qui mobilisent beaucoup de temps pour l'apprentissage des techniques SCV. (données 2005-2010, Fabre, 2010). Il est important de noter qu'en année 1, les rendements sont inférieurs ou équivalents aux rendements en conventionnel du fait du changement de système agronomique et d'une maîtrise encore partielle des techniques SCV.

En année 2, les rendements atteignent le même niveau que ce qu'ils étaient en système conventionnel. A partir de l'année 3 les taux d'abandons sont moindres (de l'ordre de 20%). Les paysans maîtrisent mieux les techniques et les premiers effets des SCV se ressentent ; les rendements s'accroissent légèrement par rapport aux systèmes conventionnels (Domas *et al.*, 2008). Les paysans mis alors en confiance, décident d'intensifier la fumure et l'entretien, augmentant les rendements les années suivantes. Ces paysans ont intégrés les systèmes, ce sont des adoptants de l'innovation. Cependant, en année 6 le taux d'abandon augmente déraisonnablement. Il est de 75 %. En année 7 le taux d'abandon redescend à 35% (données 2005-2010, Fabre, 2010). On peut émettre l'hypothèse que les paysans adoptants aient tendance à négliger progressivement les sarclages, les rendements étant bons avec des faibles besoins en travail. Au fil des ans la pression des adventices devient trop importante ; en année 6, les paysans sont contraints de labourer les parcelles, qui sont alors considérées comme des abandons.

Les contraintes techniques et financières des exploitants ne sont pas les seules en cause dans l'abandon des systèmes SCV par les paysans. En effet, la situation foncière est également un facteur prédominant. Au lac Alaotra la situation foncière est complexe ; la plupart des agriculteurs ne possèdent pas de titre de propriété pour leurs terres et sont en location ou métayage (Freud, 2005). De plus, malgré une interdiction du métayage en 1975, cela reste pratique courante avec le fermage (baux oraux). Dans la culture populaire le fait de cultiver une terre plus de 5 ans est

perçue comme une tentative d'appropriation des terres. Cette croyance limite la durée des baux de fermage ou de métayage. Du fait de la courte durée des baux la culture d'une parcelle en location ou en métayage comporte donc un risque élevé en terme d'investissement contrairement à une parcelle en propriété. Pour les baux de fermage de courtes durées, il est risqué pour le paysan d'investir, il limite l'apport d'intrants au maximum. En revanche, pour un bail de longue durée en fermage, le risque est moins élevé, le paysan va utiliser des intrants les premières années de son bail puis va arrêter deux ans avant la fin du contrat. Dans le cas du métayage, les paysans ne mettent pas d'intrants, car c'est le métayer qui investit et la moitié des bénéfices (la moitié de la récolte) est récupérée par le propriétaire. Par ailleurs, souvent lorsque le métayer obtient une bonne récolte plusieurs années de suite, le propriétaire récupère sa parcelle afin de saisir l'opportunité de cultiver une parcelle apparemment fertile. Dans ce contexte, il est facile de comprendre la réticence des paysans à investir dans les systèmes durables SCV, dont les effets n'apparaissent qu'au bout de 3 ans d'investissement (travail, techniques, temps, et intrants). En 2009/2010 seulement 11% des parcelles en SCV de la zone nord est sont en location et métayage et 22% pour la zone sud est. Une autre contrainte d'ordre social s'ajoute à cela ; la pratique courante de la vaine pâture entraîne des dégâts sur les *mulch*, et constitue un frein supplémentaire à l'adoption des SCV.

D'après Domas *et al.* (2008), 36% des abandons sont liées à une mauvaise « adaptation aux techniques » (échec dû au non respect de l'itinéraire technique préconisé, pointes de travail et chevauchement des temps de travaux liées à une saison des pluies mal distribuée, zones à prédominance de riziculture irriguée primant sur les autres cultures), 32% pour des raisons financières (insuffisance de trésorerie) et 13% pour des raisons foncières. Depuis 2008, les prix des intrants et de la main d'œuvre ayant augmenté il semblerait que la cause financière soit en augmentation. Aujourd'hui, les surfaces dites pérennisées, c'est-à-dire non abandonnées après la première année, représentent environ 51% des surfaces encadrées (dont 29% en deuxième année d'encadrement, 16% en troisième année d'encadrement et environ 6% en quatrième année et plus) (Domas *et al.* 2009).

La diffusion des systèmes SCV au lac Alaotra semble bien fonctionner pour certaines catégories de paysans quand la technique SCV apporte des solutions à des contraintes spécifiques puisque chaque année le taux d'adoptant est croissant. Le problème réside plus dans la pérennisation des systèmes comme le montrent les forts taux d'abandon.

#### III.4.L'évaluation de la performance des SCV et leur impact économique

L'agriculture de conservation fait l'objet depuis une quinzaine d'année d'une promotion dans les petites exploitations au Cameroun, Cote d'Ivoire, Laos, Cambodge et Madagascar sur de petites superficies. Elle est présentée comme une panacée transférable et applicable partout (Giller *et al.*, 2008 ; Séguy, 2010). Cependant, son évaluation scientifique reste tournée vers l'évaluation agro-pédologique, négligeant le domaine socio et technico-économique, abordé seulement que

récemment par les chercheurs et les développeurs, qui plus est internes aux projets de diffusion (Serpentié, 2009). L'agriculture de conservation a connu un succès limité dans les pays du sud, à l'exception des Cerrados au Brésil où elle a été adoptée à plus large échelle sur de grandes exploitations.

Les évaluations internes des performances technico-économiques des systèmes de culture SCV sont réalisées par l'ONG TAFA (comparaison de différents itinéraires techniques standardisés sur les sites expérimentaux contrôlés) et par BRL à partir de leurs bases de données. Les résultats montrent une valorisation de la journée de travail et de la productivité du travail à partir de la première année, une augmentation des rendements dès la troisième année, un effet tampon des *mulch* sur les rendements (effet tampon des aléas climatiques), la diminution des charges opérationnelles et de la pression des adventices, une meilleure valorisation des produits grâce à semis et une récolte plus précoces. Ces résultats sont à nuancer en fonction des diverses situations amenées par la diversité des pratiques et des unités agro-pédologiques (BRL, 2010). La coopérative semencière Andri-Ko réalise également des évaluations (externes au projet). Ses résultats sur les rendements ne sont cependant pas utilisables car la taille de l'échantillon d'étude est extrêmement restreinte (Andri-Ko, 2010).

L'approche « exploitation » adoptée lors de la deuxième phase du projet BVLac a été privilégiée en considérant qu'il serait possible de comparer les performances des exploitations ayant adopté les techniques SCV avec les non adoptantes (témoin). La comparaison s'avère finalement difficile à établir. L'adoption des SCV est récente sur de petites surfaces ou bien ancienne sur de grandes surfaces. La comparaison ne peut se faire qu'avec des systèmes bien conduits sur plusieurs années où l'effet cumulatif de la biomasse laissée au sol permet de fournir des résultats probants et plus intéressants qu'en culture conventionnelle. Il est donc apparu plus intéressant de comparer les performances des systèmes de cultures innovants avec celles des cultures conventionnelles. Les différents itinéraires techniques sont comparés (Domas *et al.* 2009). Cependant, les méthodes d'évaluation des résultats comportent certains biais : il est très difficile de différencier économiquement l'effet des techniques SCV des effets dus aux variétés améliorées ou encore du niveau de l'intensification, quand les parcelles témoins ne comportent pas les mêmes caractéristiques. Cependant, depuis 2008 les engrais minéraux ne sont généralement plus utilisés, et les paysans ont adopté massivement les variétés améliorées sur les rizières. De plus, les bases de données sont très renseignées en ce qui concerne les systèmes SCV, mais peu en systèmes conventionnels.



## *Synthèse*

### **CHAPITRE I : PRESENTATION DU CONTEXTE SPECIFIQUE DE L'ETUDE**

La diffusion des SCV au lac Alaotra, le « grenier à riz de Madagascar » n'a réellement commencé que depuis une dizaine d'années au travers d'un vaste projet pilote BVLac. La promotion de ces techniques innovantes s'est réalisée dans un contexte croissant de dégradation de ressources naturelles et de chutes de rendements agricoles. Elle a donc un double objectif : accroître le revenu des paysans dans un contexte de pression foncière et de difficultés économiques nationales, et préserver les ressources naturelles d'une des zones les plus dynamiques de Madagascar en terme d'innovations agricoles et de production rizicole.

Au fil des deux phases successives du projet, l'amélioration et la diffusion des techniques ont évolués conjointement avec la prise en compte de plus en plus large des différentes contraintes, moyens, et objectifs des paysans malgaches et des réalités agro-pédologiques des sols de la zone.

Le constat actuel de l'adoption des SCV au lac est plutôt mitigé. La diffusion semble être efficace, le nombre d'adoptants étant croissant chaque année, mais l'adoption durable de l'innovation semble elle précaire au vu du faible nombre de parcelles « anciennes en SCV ». Au terme de la dernière phase du projet BVLac, peu d'évaluations technico-économiques des SCV ont été réalisées en milieu contrôlé. Les évaluations internes montrent une hétérogénéité des résultats, dus à la diversité de situations et de pratiques agricoles. L'impact des systèmes SCV sur le revenu des exploitations, objet du premier objectif de la diffusion, n'a pas été encore véritablement évalué.

L'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation technico-économique contrefactuelle de l'introduction des SCV dans les exploitations agricoles implantées autour du lac Alaotra. La démarche contrefactuelle consiste à raisonner de la manière suivante : quels seraient aujourd'hui les systèmes de cultures si l'agriculteur n'avait pas adopté les pratiques innovantes SCV ? L'évaluation porte sur les performances économiques des systèmes SCV intégrés au sein des exploitations adoptantes, donc « anciennes en SCV ». Ces systèmes de cultures sont-ils ceux qui garantissent la meilleure valorisation de l'agriculture ? Sur une période de 10 ans, l'adoption d'un système innovant au sein des exploitations a-t-elle permis d'avoir un revenu plus élevé ? dans quelles conditions ? Quels sont différents niveaux d'adoption des techniques d'agriculture de conservation au lac Alaotra ?

### I. Hypothèses de travail

Des hypothèses sur les effets attendus des SCV au niveau du système de culture et du système de production global de l'exploitation ont été proposées par le GT3 PAMPA (Faure *et al.* 2009). Ces hypothèses seront à confirmer ou infirmer au cours de l'étude.

#### **Au niveau du système de culture (échelle de la parcelle)**

- Modification des successions culturales
- Modification des pratiques culturales pour la conduite des itinéraires techniques et donc modification des résultats technico économiques (réduction du temps de travail, amélioration des rendements, précocité des productions)
- Amélioration des performances technico-économiques (productivité du travail, productivité de la terre)

#### **Au niveau du système de production (échelle de l'exploitation)**

- Effets directs attendus
  - Modification de la gestion du travail au niveau de l'exploitation
- Diminution du temps de travail pour les production végétales
  - Modification du calendrier agricole (semis précoce)
  - Modification des performances économiques
- Amélioration du revenu global (résultat et solde de l'exploitation)
- Augmentation de la productivité de la terre et du travail
  
- Effets indirect attendus
  - Modification des systèmes de culture conventionnels (transfert partiel de techniques vulgarisées avec le SCV)

## II. Méthodologie

### II.1. Etude des données existantes

#### II.1.1. Rapports de stage existants et base de données afférentes

L'étude des rapports de stage existants est incluse dans le travail bibliographique nécessaire en préambule de l'étude. Les bases de données afférentes aux rapports de stage en lien avec la présente étude ont été recensées en vue d'une utilité pour l'étude. Il s'est avéré par la suite qu'aucune des bases de données d'enquêtes construites par les stagiaires n'a pu être réutilisée dans cette étude.

#### II.1.2. Base données RFR

L'analyse de la base de données d'Olympe (2007-2010) (les données 2011 ne sont pas disponibles) a été réalisée dans le but d'extraire des données sur les systèmes de cultures conventionnels ; successions culturales, itinéraires techniques. Les données ont été extraites d'Olympe vers une base de données Excel et analysées au moyen d'un tableau croisé dynamique. Après avoir sélectionné l'échantillon de parcelles non SCV, des classes de rendements ont été déterminées pour chaque culture. Le calcul du coefficient de variation pour chaque classe dont l'échantillon était suffisamment grand a montré une forte variabilité des données (coefficient de variation supérieur à 30%). De plus, le nombre de parcelles disponibles pour chaque culture et par classe est trop petit (moins de 10 parcelles) pour être représentatif. S'est donc imposée pour la suite de l'étude la nécessité d'acquérir de l'information sur ces systèmes conventionnels majoritairement présents au lac Alaotra.

### II.2. Sélection des zones d'étude

#### II.2.1. Sélection des grandes zones de diffusion du projet

Les grandes zones d'étude ont été déterminées à partir des critères suivants : 1) surfaces en SCV et 2) accessibilité. Les surfaces en SCV sont faibles dans la zone ouest (100 ha) contrairement aux zones nord est (430 ha) et sud est (550 ha). Les surfaces anciennes en SCV (pérennisées depuis au moins trois ans) dans la zone ouest comptent seulement 3,6 hectares contre 34,2 hectares au nord est et 46,1 hectares au sud est (BRL, 2010)

Les zones nord est et sud est ont donc été retenues pour l'étude.

Vallée du sud-est	Nord -est
Beaucoup de <i>tanety</i> mais de qualité médiocre, beaucoup de <i>baiboho</i> et RMME. Proche des périmètres irrigués	Beaucoup de <i>tanety</i> généralement de bonne qualité, très peu de <i>baiboho</i> et peu de rizières irriguées mais de vastes surfaces de RMME (classiques et de décrue)
Bonne connexion au marché local	Isolement relatif
Dominance riziculture	Equilibre culture pluviale et irriguée
Diffusion ancienne (2000)	Diffusion plus récente (2003)

## II.2.2.Sélection des zones d'études

L'évaluation technico-économique s'effectue sur une sélection d'exploitations « anciennes en SCV » suivies chaque année depuis leur adoption par les opérateurs ; les fermes du RFR. Ces fermes se situent dans les *fokontany* d'Ambaniala et d'Amparihintsokatra pour la zone nord-est (communes d'Imerimandroso et d'Amparihintsokatra) et Ambohipasika, Ilafy, Mahatsara pour la zone sud-est (communes d'Ilafy, et d'Ambohitsilaozana).

## II.2.2.1. Localisation

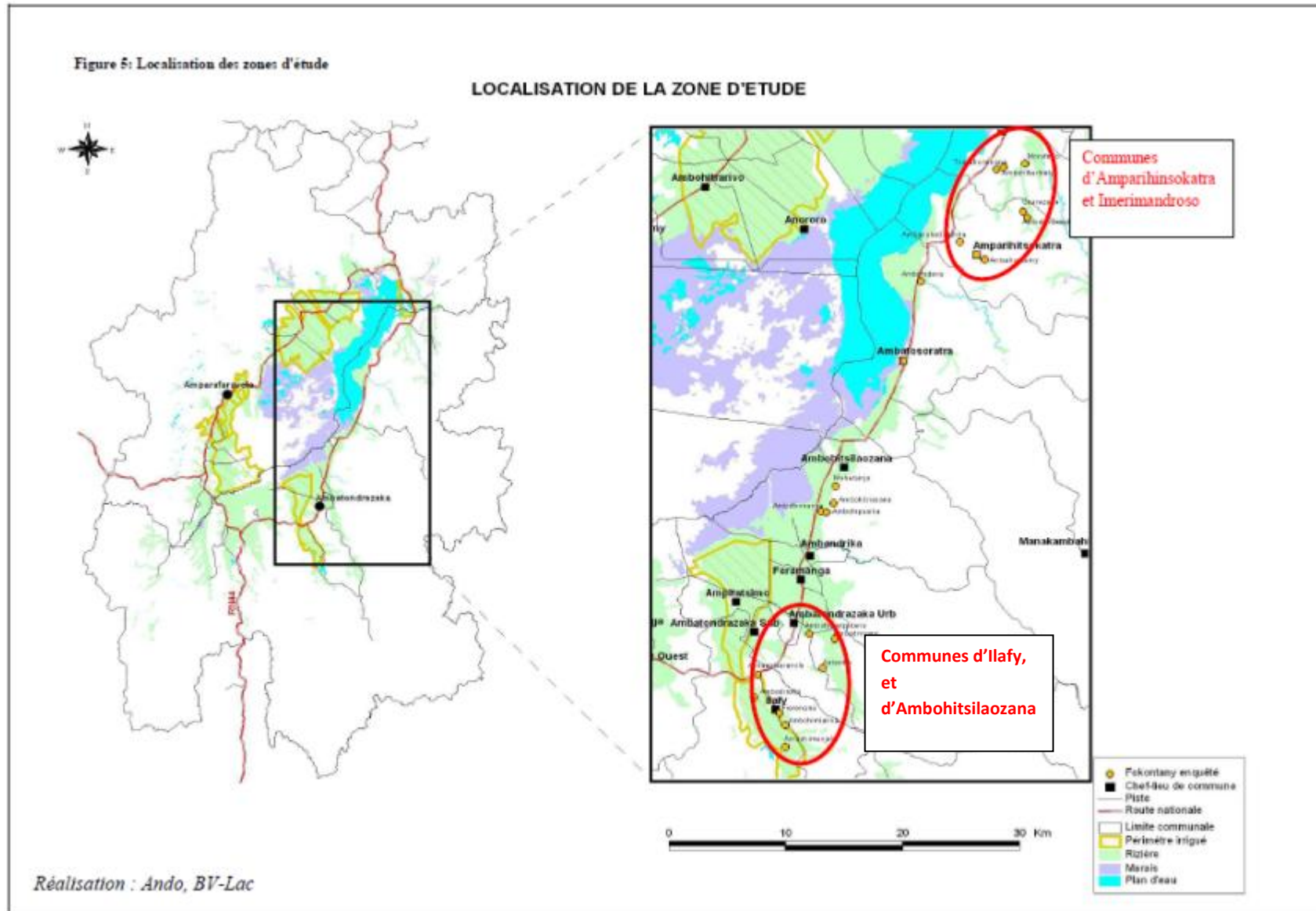


Figure 6 : Localisation des zones d'étude (Fabre, 2010)

## II.2.2.2. Description des zones d'étude

(d'après Fabre, 2010)

### II.2.2.2.1. Les exploitations du nord-est, enclavées entre les tanety et le lac Alaotra

Les communes d'Amparihintsokatra et d'Imerimandroso sont situées au nord-est du lac Alaotra. Le pôle urbain le plus proche est la petite ville d'Imerimandroso.

#### ❖ *Des systèmes de productions organisés autour des cultures pluviales*

Les rizières irriguées sont rares au nord-est du lac, et s'étendent dans les bas-fonds entre les *tanety*, ou sur les bords du lac Alaotra. Certaines rizières sont cultivées uniquement pendant la période d'étiage du lac, avec du riz de décrue. Les rizières de bas-fond sont alimentées par des points d'eau pérennes ou temporaires, comme des petits lacs ou des marigots. Certaines rizières situées à proximité des sources d'alimentation en eau peuvent être cultivées pendant la saison sèche avec du riz de contre-saison.

Les *tanety*, très nombreux, sont constitués de sols basiques relativement fertiles (Raunet, 1984). La sécheresse est le principal risque sur ces unités où l'irrigation est impossible. Les *baiboho* sont quasiment inexistantes dans la zone. Les systèmes de production sont organisés autour des cultures pluviales. Depuis les années 90, le riz pluvial est cultivé grâce à la mise au point de nouvelles variétés (B22). La possibilité de produire du riz sur les *tanety* fut une innovation très importante pour les exploitations. Les petits élevages familiaux (porcs, volailles...) sont très développés grâce à la forte production de maïs et manioc sur les collines. L'élevage bovin est pratiqué avec de petits effectifs. L'isolement de la zone la rend très sensible aux attaques armées et aux vols de zébus. La pression sur les ressources fourragères est importante durant la saison-sèche, étant donnée la faible disponibilité de paille de riz et de rizières.

#### ❖ *Une faible intégration au marché*

Le paysage de *tanety* est fermé et accidenté (Figure 7), rendant les déplacements difficiles, surtout en saison des pluies. Les différentes communautés subissent un gradient d'isolement au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de la piste principale qui relie Ambatondrazaka à Imerimandroso. L'isolement relatif de la zone a un impact sur les productions mises en place. Les céréales et légumineuses de longue conservation sont préférées aux produits périssables qui peuvent difficilement être transportés. L'isolement de la zone pénalise à la fois l'accès au marché, mais également l'approvisionnement des agriculteurs en intrants.



Figure 7: Photo aérienne du fokontany d'Amparihintsokatra (source : Ando, BV Lac)

Les possibilités de travail extérieur à l'exploitation agricole sont réduites. La proximité du lac Alaotra permet de compléter les revenus agricoles par la vente de poissons. Les plantations d'eucalyptus permettent également de diversifier les revenus grâce à l'exploitation du bois.

❖ *Un terroir de diffusion plus récent que le sud est*

Les techniques SCV sont diffusées (directement avec les couvertures vives) dans les fokontany enquêtés depuis 2003 (à l'exception de quelques parcelles tests). Malgré la diffusion plus récente du dispositif d'encadrement, les SCV sont bien diffusés dans cette zone.

#### II.2.2.2. Les vallées du sud-est : un paysage de rizières

Les communes d'Ilafy et d'Ambohitsilaozana sont situées dans une vaste plaine rizicole, en rive gauche des périmètres irrigués de la vallée *Marianina* et du Périmètre irrigué PC15 (Figure 8). Le paysage est ouvert et marqué par la riziculture.

❖ *Des exploitations rizicoles bien intégrées aux marchés*

Les rizières sont de nature très diverses allant des rizières à bonne maîtrise d'eau dans les périmètres irrigués aux RMME très représentées. Les *baiboho* sont nombreux et cultivés en saison avec du riz pluvial suivi d'une contre saison de maraîchage. Les *tanety*, peu fertiles sont moins nombreux sur la zone et sont sensibles au processus géologique d'érosion en *lavaka* (Raunet, 1996). Ils sont cultivés de manière extensive (maïs, légumineuses, manioc) ou menés en pâturage extensif (cultures fourragères).

L'élevage bovin est bien développé, il est complémentaire des cultures rizicoles. En saison, les zébus sont utilisés pour la mise en place des cultures (labour, mise en boue). En fin de saison et pendant la saison sèche, les zébus paissent dans les rizières. La paille de riz constitue la principale source de fourrage. Le pâturage des zébus dans les rizières est une source importante de fumure.

L'économie de la zone repose donc sur la riziculture et les cultures de contre-saison. La proximité des marchés de la grande ville d'Ambatondrazaka encourage la production maraîchère. La zone est également assez bien desservie par les collecteurs de céréales ou de produits maraichers qui

alimentent les marchés d'Antananarivo et Tamatave. La ville d'Ambatondrazaka offre également d'importantes opportunités d'*off-farm* (commerce, transport, services...).



❖ *Un terroir de diffusion plus ancien que le nord-est*

La commune d'Ilafy faisait partie des premiers terroirs « test » des projets de diffusion des SCV (2000). Les systèmes SCV sur couverture morte, l'écobuage, puis les couvertures vives ont été diffusés successivement. La diversité des systèmes diffusés dans ce terroir n'est pas forcément perçue comme un avantage par rapport au terroir nord.

Les deux zones d'études présentent des contraintes et des opportunités distinctes en terme d'adoption des systèmes SCV. L'encadrement est assuré dans les deux zones par le bureau d'étude BRL.

Figure 8 : photo aérienne de la commune d'Ilafy et du périmètre irrigué de la vallée Marianina (source : Ando, BV-Lac)

### II.3. Méthode d'évaluation technico – économique de base

La méthodologie adoptée dans l'évaluation technico-économique des systèmes SCV est partiellement basée sur la méthodologie Evalinnov (Faure et al. 2009). L'objectif initial était de réaliser une évaluation en *ex-post* basé sur une démarche contrefactuelle. Nous verrons par la suite comment et pour quelles raisons la méthodologie a évolué, vers une analyse prospective.

#### II.3.1. Évaluer l'effet des SCV par rapport à une situation de référence

L'évaluation des effets de l'introduction d'une innovation dans l'exploitation s'effectue par la comparaison d'une situation dite de référence et de la situation actuelle dans laquelle se trouve l'exploitation. La situation de référence ici adoptée et validée par les agriculteurs (Fabre, 2010) est la situation initiale avant l'adoption du système SCV. Les effets des SCV vont donc être mesurés par rapport aux systèmes de cultures que faisaient les exploitations avant d'adopter l'innovation. Quand l'information n'est pas disponible, les voisins adoptants ou non adoptants sont une source d'information précieuse.



L'étude se déroulant sur 6 mois, il n'est pas possible d'obtenir un suivi des indicateurs en temps réel. L'évaluation est par contre possible de manière contrefactuelle. Les situations de références sur le fonctionnement de l'exploitation sont donc reconstruites à partir des dires d'experts (les paysans). Cette reconstruction repose en grande partie sur la mémoire des paysans, qui souvent n'ont pas de cahier de suivi, les bases de données BRL ne renseignant pas les systèmes de cultures non SCV.

La diffusion de l'innovation par le projet dans les zones d'études sélectionnées est ancienne (2000 à 2003). L'information reposant sur la mémoire des paysans, il n'est pas possible d'effectuer une comparaison « sans projet » et « avec projet » qui pourtant semble la plus pertinente du fait que l'adoption d'une innovation ne se fait pas dans un environnement statique. La comparaison que l'on va adopter dans cette étude est celle de la situation actuelle « avec projet » avec celle « avant adoption du système SCV ». Il faut donc noter que avant d'avoir adopté l'innovation, les paysans peuvent avoir modifié leurs pratiques par observation des voisins (diffusion spontanée de l'innovation).

### II.3.2.Choix de l'échantillon

L'évaluation se fait sur des exploitations anciennes en SCV, suivies depuis leur adoption ; les fermes du RFR, afin de pouvoir évaluer l'impact économique du changement technique (Penot *et al.* 2004). Parmi ces fermes, ont été choisies celles dont les types sont les plus représentatifs de chaque zone d'étude (à partir de l'analyse des bases de données BVLac). En effet, les fermes du RFR dans la pratique ne sont pas réellement représentatives de chaque zone (Terrier, 2008). Chaque exploitation du RFR sélectionnée a été enquêtée sur la base des itinéraires techniques, situations culturelles et résultats 2011, puis sur les systèmes de cultures non SCV pratiqués avant l'encadrement par le projet. Les informations sur les cultures non SCV pouvant être collectées à partir de ces enquêtes sont partielles. En effet, si la mémoire des paysans permet de retracer les rotations, elle ne suffit pas pour obtenir des renseignements sur les itinéraires techniques et encore moins sur les rendements. Une sélection d'exploitations dans le voisinage de chaque ferme du RFR a donc été réalisée.

Les exploitations ont été sélectionnées à partir de la base de données de BVLac campagne 2009-2010 traitées par tableau croisé dynamique. Le premier critère de choix a donc été la proximité géographique immédiate par rapport à la ferme du RFR concernée. On fait l'hypothèse que sur une même zone géographique restreinte on retrouve une homogénéité des pratiques chez les agriculteurs. Le deuxième critère est la typologie des exploitations. Parmi les exploitations voisines, ont été sélectionnées celle dont la typologie était la même que la ferme du RFR concernée. Le 3<sup>ème</sup> critère est la proportion de surface SCV sur les *tanety* et les *baiboho*. Ont été sélectionnées les exploitations ayant la plus faible surface SCV sur ces deux types de sol. Les exploitations enquêtées peuvent donc être adoptantes ou non.

### II.3.3.Contenu et déroulement des enquêtes

L'enquête est semi-directive, elle est divisée en 3 grandes parties (cf. Annexe 5). La première partie porte sur les caractéristiques générales de l'exploitation : nom de l'exploitant, nom du village, statut d'encadrement, nom de l'opérateur, zone, parcellaire (nombre de parcelles par type de sol, surfaces, et type de tenure), autosuffisance en riz, nombre de zébus, cochons, et revenu *off-farm*. La deuxième partie porte sur les rotations par parcelle. Sont renseignées par année et par parcelle les systèmes de cultures (saison et contre saison), les variétés, la production totale, la production autoconsommée, le prix de vente. On ne s'intéresse qu'aux *baiboho* et *tanety* ; on renseigne également le type de *tanety* (plateau, pente ou bas de pente) et de *baiboho* (sableux ou fertile) à dire d'expert. Lors de l'entretien on cherche à savoir quelles sont les raisons qui poussent l'agriculteur à opter pour une rotation ou une succession culturale. On note également les variétés, production, production auto consommée, prix de vente, quantités de semences et techniques de culture pour les rizières. Pour les fermes du RFR cette partie s'attache à retracer les informations seulement sur 2 ans (donc ici les campagnes 2009/2010 et 2010/2011), pour faire le lien entre l'année actuelle et l'année dernière. Ces fermes sont suivies tous les ans, donc les informations sont déjà disponibles. Pour les fermes sélectionnées, on essaie de recueillir l'information tant que la mémoire de l'agriculteur le permet, généralement jusqu'à la campagne 2005/2006. La troisième partie porte sur les ITK standard des cultures non SCV seulement dans le cas des fermes sélectionnées et de toutes les cultures SCV ou non SCV pour les fermes du RFR. On ne s'intéresse ici aussi qu'aux *tanety* et *baiboho* de la campagne 2010/2011. Les itinéraires techniques nécessitent les informations suivantes : opération culturale, date, type d'intrant, quantité utilisée, coût, main d'œuvre familiale et salariée, coût de la main d'œuvre.

La démarche d'enquête est la suivante : i) l'échantillon d'exploitations à enquêter est fourni au technicien responsable de la zone qui prend les rendez vous avec les exploitants. Les agriculteurs des zones d'étude sélectionnées sont habitués à recevoir chaque année des stagiaires mais il est préférable de passer par le technicien. ii) Il est coutume de se présenter au chef du *fokontany* avant toute intervention dans un village. iii) Chaque enquête se déroule avec l'aide d'un traducteur et dure entre une heure et demi et deux heures maximum.

Au total 37 enquêtes ont été effectuées sur les deux zones nord est et sud est. Les données recueillies lors des enquêtes permettent de constituer une base de données Excel.

### II.3.4.Création d'itinéraires techniques standardisés et de rotations non SCV types en fonction du niveau d'adoption des techniques SCV : analyse technique

Dans un premier temps, l'étude de la base de donnée a pour but de mettre en lumière les différents niveaux d'adoption des techniques SCV chez les paysans enquêtés. Ces différents niveaux d'adoption sont basés sur les indicateurs suivants :

- reconstitution des assolements et rotations
- itinéraires techniques des systèmes de cultures

On fait l'hypothèse qu'il existe 4 niveaux d'adoption des techniques SCV dans les zones étudiées :

- niveau 0 : système de culture traditionnel ; aujourd'hui supposé très peu présent en milieu paysan. Les systèmes de cultures actuels intègrent une partie des introductions techniques depuis les années 1930
- niveau 1 : système de culture conventionnel ; ce système est supposé très répandu chez les paysans enquêtés. Ils correspondent aux innovations amenées durant la colonisation et après l'indépendance
- niveau 2 : système de culture innovant ; il est le résultat d'une diffusion spontanée partielle des techniques vulgarisées par le projet BVLac et par les projets antérieurs. Ce système est difficile à distinguer des niveaux 1 et 3. Il est probable qu'il puisse être retrouvé chez certains exploitants du RFR.
- niveau 3 : système de culture SCV ; les techniques vulgarisées sont adoptées et appliquées totalement ou quasiment ; on suppose que ces systèmes sont ceux retrouvés chez les exploitants du RFR et chez certains paysans encadrés et motivés.

Ces différents niveaux de l'adoption seront chiffrés sur la base de l'échantillon d'exploitations enquêtées et décrits précisément selon les indicateurs énoncés précédemment. Il seront définis pour chaque grande zone d'étude : nord-est et sud-est, l'échantillon enquêté n'étant pas assez grand pour permettre une analyse fine à l'échelle du *fokontany*. De plus, il est peu probable que les pratiques soit réellement très différentes à cette échelle.

Pour les trois premiers niveaux d'adoption des techniques SCV (niveau 0, niveau 1 et niveau 2) seront déterminés :

- des itinéraires techniques culturaux standardisés (ITK standard) par année
- des rendements moyens pour chaque culture par année
- des rotations ou successions culturales standards

Les ITK standards sont créés à partir des calculs de moyenne des besoins en travail mensuel pour chaque système de culture et de quantité d'intrants (semences, phytosanitaires, engrais minéraux et organique). L'analyse s'effectue par tableaux croisés dynamiques sur la base de données. Pour les systèmes SCV chaque année les opérateurs déterminent des ITK standards, rotations standards et rendements moyens pour chaque système de culture. Ces informations sont déjà renseignées dans le logiciel Olympe.

### II.3.5. Modélisation de l'échantillon RFR sous Olympe

La modélisation des exploitations du RFR sélectionnées se réalise avec le logiciel Olympe, sous formes de différents scénarios basés sur les niveaux d'adoption des techniques SCV. Il s'agit d'adopter une démarche contrefactuelle ; on reconstruit la situation de référence de l'exploitation c'est-à-dire comme si elle n'avait pas adopté les SCV. Cette situation de référence sera ensuite comparée économiquement à la situation actuelle de l'exploitation. La modélisation s'effectue sur

une durée à moyen terme de 10 ans. Elle est réalisée en années réelles (l'effet climatique sur les rendements est donc pris en compte).

Le niveau d'adoption des techniques SCV actuel de chaque exploitation du RFR n'est pas forcément le même (niveau 2 ou 3). On choisit de modéliser pour toutes les exploitations, tous les scénarios. Sauf dans le cas où une exploitation du RFR a un niveau d'adoption des techniques SCV actuel en SCV partiel (scénario 2) on ne modélise pas le scénario 3 (systèmes de culture SCV), car cela revient à adopter une démarche prospective.

Il faut déterminer dans un premier temps le niveau actuel d'adoption des techniques SCV de chaque exploitation du RFR ; il constitue le scénario actuel. Pour chaque ferme il y aura au total 3 à 4 scénarios différents. Ces scénarios ne sont modifiés uniquement qu'au niveau des systèmes de cultures sur *tanety* et *baiboho* (rotations, ITK std, rendements). Les rizières irriguées, ou à mauvaise maîtrise de l'eau restent inchangées, tout comme les autres paramètres de l'exploitation (nombre d'animaux, nombre de personnes à nourrir dans la famille, *off-farm...*).

La modélisation avec le logiciel Olympe permet la comparaison : i) du résultat de l'exploitation pour évaluer la performance du système de production et ii) du solde et solde cumulé afin d'évaluer les changements au niveau du système d'activité à moyen terme.

### II.3.6. Analyse économique des performances des systèmes SCV et limites des modèles

L'évaluation des performances des systèmes SCV s'effectue d'une part à l'échelle de la parcelle ; on évalue alors les performances économiques pures des différents systèmes de production. D'autre part, l'évaluation porte sur l'effet « encadrement » par le projet en évaluant économiquement le système d'activité à l'échelle de l'exploitation. Le système d'activités est constitué par un ménage (ayant des activités extra agricoles éventuelles) et une exploitation agricole. L'effet encadrement correspond aux conseils techniques globaux que fournissent les opérateurs aux paysans. Hormis la diffusion des techniques SCV, les techniciens prodiguent également des conseils aux paysans sur leur rizières (repiquage de plans plus jeunes, semis en ligne), sur les nouvelles variétés (en fonction du type de sol) etc. Cet effet encadrement nécessite d'être évalué ; certains paysans ne pratiquent par exemple qu'une très faible surface de SCV uniquement dans le but de maintenir un lien avec le projet. Il est donc intéressant de quantifier économiquement si l'encadrement apporte un plus sur le revenu global de l'exploitation.

L'analyse au niveau de la parcelle repose sur les indicateurs économiques (cf. Annexe 6) suivants (Faure *et al.* 2009):

- La marge brute pour mesurer la productivité des systèmes
- La valorisation de la journée de travail pour mesurer la productivité du travail
- Le retour sur investissement et le ratio d'intensification pour évaluer le niveau d'intensification du système et donc le degré de risque

L'analyse au niveau de l'exploitation repose sur deux indicateurs économiques (Faure *et al.* 2009) suivants :

- Revenu net agricole (calculé, avant autoconsommation)
- Revenu agricole réel (non calculé après autoconsommation : à créer avec un indicateur dans Olympe, après autoconsommation)
- Revenu total (après autoconsommation et avec *off-farm*)
- Solde de trésorerie ( $\Leftrightarrow$  capacité théorique d'investissement) après autoconsommation et dépenses familiales

L'évaluation économique des performances des systèmes innovants repose sur des modèles construits à partir d'informations à dire d'experts ; les agriculteurs. La démarche contrefactuelle amène à obtenir des informations plus ou moins inexactes non vérifiables. L'analyse économique fournit donc des résultats avec une marge d'erreur que l'on ne peut pas quantifier.

## II.4. Résultats intermédiaires

### II.4.1. Les données réellement disponibles en systèmes non SCV

#### II.4.1.1. Les bases de données parcelles des opérateurs

Les bases de données (BRL) des campagnes 2006-2007, 2007-2008 et 2008-2009 sont disponibles. Pour la campagne 2009-2010 la base de données est moins complète. Elle n'est pas utilisable. La base de données 2010-2011 n'est pas encore disponible.

#### II.4.1.2. La base de données du RFR

La plupart des informations disponibles dans le RFR (modélisées avec le logiciel Olympe) ne sont pas mise à jour ni vérifiées. De nombreux itinéraires techniques sont erronés ou incomplets (niveau d'intrants incohérents, rendements surestimé, calendrier de travail incomplet...). D'autres sont manquants. Les itinéraires techniques standards élaborés par BRL n'ont été construits et entrés dans la base de données d'Olympe uniquement pour les années 2007-2008 et 2008-2009, mais pour cette année là le nombre d'échantillons est faible. Les assolements des exploitants sont souvent incohérents sur les différentes années. Les itinéraires techniques et rendements modélisés par exploitant sont très souvent simplement étirées d'années en années sans modification.

#### II.4.1.3. La qualité des enquêtes

Culturellement, la population malgache a une notion du temps très différente de la vision occidentale. Pour la majorité de la population il est très difficile de se projeter dans le futur mais

aussi de se remémorer des actions passées. Les résultats d'enquêtes reposent en quasi totalité sur la mémoire des exploitants vu l'absence de suivis écrits (la culture malgache est une culture orale). Il a été difficile d'acquérir des données ne serait ce que sur les successions culturales par parcelles sur plusieurs années. Les données sur les rendements sont peu fiables à partir des années antérieures à 2008. Les itinéraires techniques n'ont pas pu être déterminés pour une autre année que 2011. Globalement les données quantitatives ou qualitatives recueillis auprès des exploitants sont peu fiables en dehors des années 2011 et 2010.

En conclusion, au vu des nombreux manques et erreurs dans la base de données du logiciel Olympe et des résultats d'enquêtes il n'est pas possible de modéliser les exploitations du RFR en années réelles. Il est nécessaire d'utiliser des modèles.

#### II.4.2. La construction de modèles basés sur la typologie Durand et Nave et le Réseau de Fermes de Référence

Afin d'évaluer l'impact des systèmes SCV sur le revenu des exploitations agricoles il est nécessaire d'utiliser un modèle. On peut alors se demander ; les fermes du RFR sont-elles de bon modèles ? Sont-elles réellement représentatives des exploitations agricoles des zones d'études ? Ces deux questions en soulèvent également une troisième ; connaît-on vraiment les exploitations agricoles des zones d'études ?

Les enquêtes de terrain ont permis de comparer les informations disponibles dans la base de données exploitation de BEST (campagne 2009-2010) avec la réalité. Des décalages ont été observés entre la base de données exploitations et les enquêtes de terrain. En effet, après enquête, la structure de la plupart des exploitations enquêtées ne reflète pas le type indiqué dans la base de données. On peut alors émettre plusieurs hypothèses :

- La base de données à été mal remplie
- Les exploitations ont évoluées dans le temps et n'ont pas été remises à jour
- Les exploitations ne sont pas représentatives du type (elles ne rentrent dans aucune « case »), la typologie est-elle alors réellement représentative de l'ensemble de la population agricole locale du lac Alaotra ? Est-elle suffisamment discriminante ?
- La typologie est périmée (date de construction 2007 par Durand et Nave)

##### II.4.2.1. Analyse de la base de données exploitations (BEST et opérateurs)

L'analyse de la typologie des exploitations encadrées au lac Alaotra dans la base de données a permis de constater un très grand nombre d'erreurs. Le type d'exploitation indiqué ne correspond pas à la structure de l'exploitation. Cette dernière elle-même est parfois incohérente. De nombreuses erreurs de saisies ont également été constatées.

Il est donc apparu nécessaire de reprendre la base de données et rétablir les erreurs. Or, il s'est avéré que la typologie construite par Durand et Nave (2007) pour le lac Alaotra (cf. annexe 2) n'est pas suffisamment discriminante dans certains cas. En effet, de nombreuses exploitations ne font partie d'aucun type. Lors de la deuxième phase du projet BV-Lac en 2008 (BV-Lac II) cette typologie avait été reprise et détaillée plus finement, dans le contexte de l'approche exploitation. La base de données exploitation a donc été réactualisée avec cette nouvelle typologie (Tableau 2).

Tableau 2 : Typologie des exploitations au lac Alaotra revisitée (Durand C. et Nave S., 2007 ; Penot E. et opérateurs, 2008 ; Domas R., 2011)

<i>TYPES</i>	<i>CRITERE 1</i> <i>autosuffisance en riz lié</i> <i>aux types de rizières</i>	<i>CRITERE 2</i> <i>niveau de diversification avec d'autres</i> <i>productions</i>	<i>CRITERE 3</i> <i>type de main</i> <i>d'œuvre et off-</i> <i>farm</i>
<b>A : Grands riziculteurs</b>	<b>Riziculture Irriguée</b> <b>Autosuffisants en riz +</b> <b>vente</b>	<b>Surfaces de <i>tanety</i> supérieures à 4 ha</b> <b>Peu, voire pas cultivées</b> <b>Cultures extensives</b>	<b>MO</b> <b>temporaire &gt;</b> <b>300 H.j</b> (homme x jour)
A1 : Rizières Irriguées ≥ 6 ha			
A2 : 3 ha ≤ Rizières Irriguées < 6 ha			
A21 : > 4 ha de surfaces exondées plus ou moins cultivées A22 : ≤ 4 ha de surfaces exondées			
<b>B : Riziculteurs aux rendements aléatoires</b>	<b>RI &lt; 3 ha</b> <b>RMME ou RD ≥ 7,5</b> <b>ha</b> <b>Autosuffisants en riz +</b> <b>vente</b>	<b>Surfaces exondées non irriguées (≥ 2-3 ha)</b> <b>entièrement cultivées de manière plus ou</b> <b>moins intensive dans un objectif de vente</b>	<b>MO</b> <b>temporaire &gt;</b> <b>200 H.j</b>
B1 RI < 3ha RMME ≥ 7,5ha B11 : <i>baiboho</i> (sols exondés riches) et/ou <i>tanety</i> ≥ 1 ha B12 : <i>tanety</i> seulement			
<b>C : Autosuffisants exploitants les <i>tanety</i></b>	<b>1ha ≤ RI &lt; 3ha</b> <b>RMME &lt; 7,5ha</b> <b>Risque moyen</b> <b>Autosuffisants en riz</b>	<b>Sols exondés &lt; 3ha et entièrement cultivés</b> <b>intensivement dans un objectif de vente</b>	<b>MO</b> <b>temporaire ~</b> <b>100 H.j</b> <b>Off-farm =</b> <b>services</b>
<b>D : Agriculteurs diversifiant leurs productions</b>	<b>RI &lt; 1ha RMME &lt; 2</b> <b>Risque important</b> <b>Autosuffisants mais</b> <b>pas forcément tous les</b> <b>ans</b>	<b>Objectifs de vente</b> <b>Présence d'activités d'élevage</b>	<b>MO</b> <b>temporaire ~</b> <b>100 H.j</b>
D1 : Ratio rizières ≥ 2 D11 : <i>baiboho</i> ≥ 1ha D12 : <i>baiboho</i> < 1ha et <i>tanety</i> ≥ 7,5ha D13 : <i>baiboho</i> < 1ha et <i>tanety</i> < 7,5ha			
D2 : Ratio rizières < 2 D21 : <i>baiboho</i> ≥ 1ha D22 : <i>baiboho</i> < 1ha et <i>tanety</i> ≥ 7,5ha D231 : <i>baiboho</i> < 1ha et 3 ≤ <i>tanety</i> < 7,5ha D232 : <i>baiboho</i> < 1ha et <i>tanety</i> < 3 ha			
<b>E : Agriculteurs non autosuffisants, ouvriers agricoles</b>	<b>Ratio rizières &lt; 2</b> <b>RI &lt; 0,5, RMME &lt; 2</b> <b>Risque très important</b> <b>Non autosuffisants</b>	<b>Sols exondés &lt; 1 ha cultivés très</b> <b>intensivement dans un objectif de vente</b>	<b>MO</b> <b>temporaire ~</b> <b>0</b> <b>Activités hors</b> <b>exploitation</b> <b>comme</b> <b>ouvrier</b> <b>agricole</b>
<b>F : Pêcheurs pratiquant l'agriculture</b>	<b>Ratio rizières &lt; 1</b> <b>RI &lt; 0,5, RMME &lt; 0,5</b> <b>Non autosuffisants</b>	<b>Sols exondés &lt; 0,5 ha cultivés</b> <b>intensivement pour la vente et</b> <b>l'autoconsommation</b>	<b>MO</b> <b>temporaire ~</b> <b>0</b> <b>Activités hors</b> <b>exploitation :</b> <b>Pêche</b>
<b>G : Pêcheurs sans terre, sans activité agricole. → Susceptibles de devenir type F</b>	<b>Sans terre</b> <b>Non autosuffisant</b>	<b>Sans terre</b>	<b>Ouvriers</b> <b>agricoles :</b> <b>fournissent de</b> <b>la main</b> <b>d'œuvre aux</b> <b>autres types</b>



Une RI produit 3500 kg/ha riz paddy en moyenne par an. La RMME, plus soumise aux aléas de pluviométrie, va produire en moyenne 1750 kg/ha de riz paddy par an. Pour nourrir une famille de 5 personnes il faut en moyenne 3,5 tonnes de riz paddy par an. L'exploitation doit compter 1 ha de RI et 2 ha de RMME pour être autosuffisante. L'équation (ratio rizière)  $2RI + RMME \geq 2$  indique que l'exploitation est autosuffisante en riz. Si  $2RI + RMME < 2$  alors l'exploitation est non autosuffisante.

La réactualisation de la base de données permet d'obtenir les proportions réelles de chaque type d'exploitations pour chaque zone d'étude. Les résultats sont présentés dans les graphiques ci-dessous. Les exploitations de type G ne sont pas représentées ; ce sont des agriculteurs sans terres qui par définition n'ont pas d'exploitation agricole.

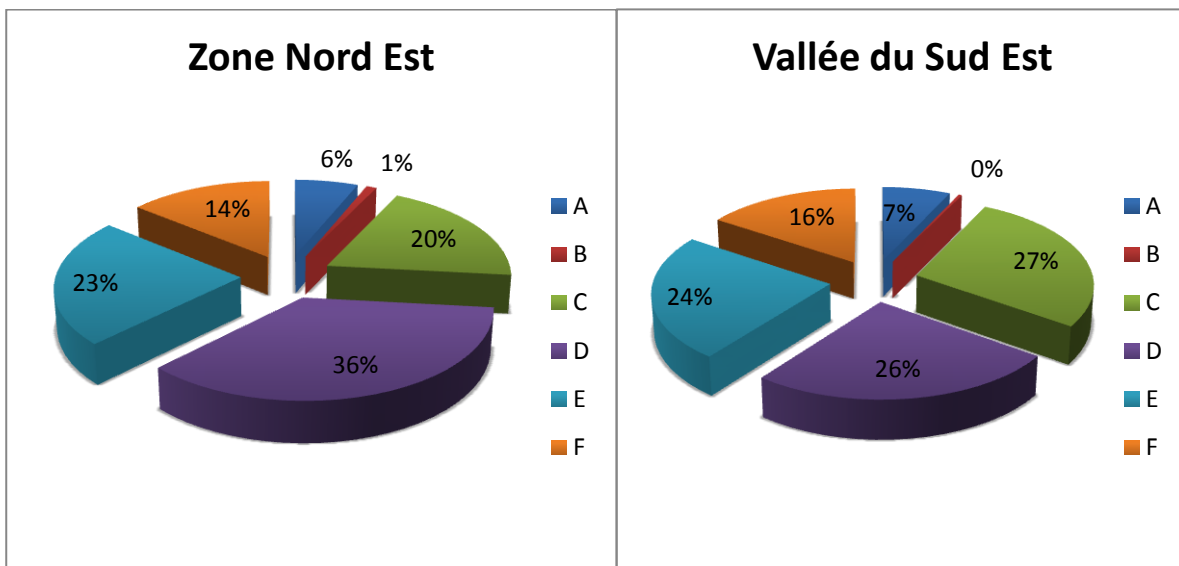


Figure 9 : Répartition des types principaux d'exploitations dans les zones nord-est et sud-est du lac Alaotra

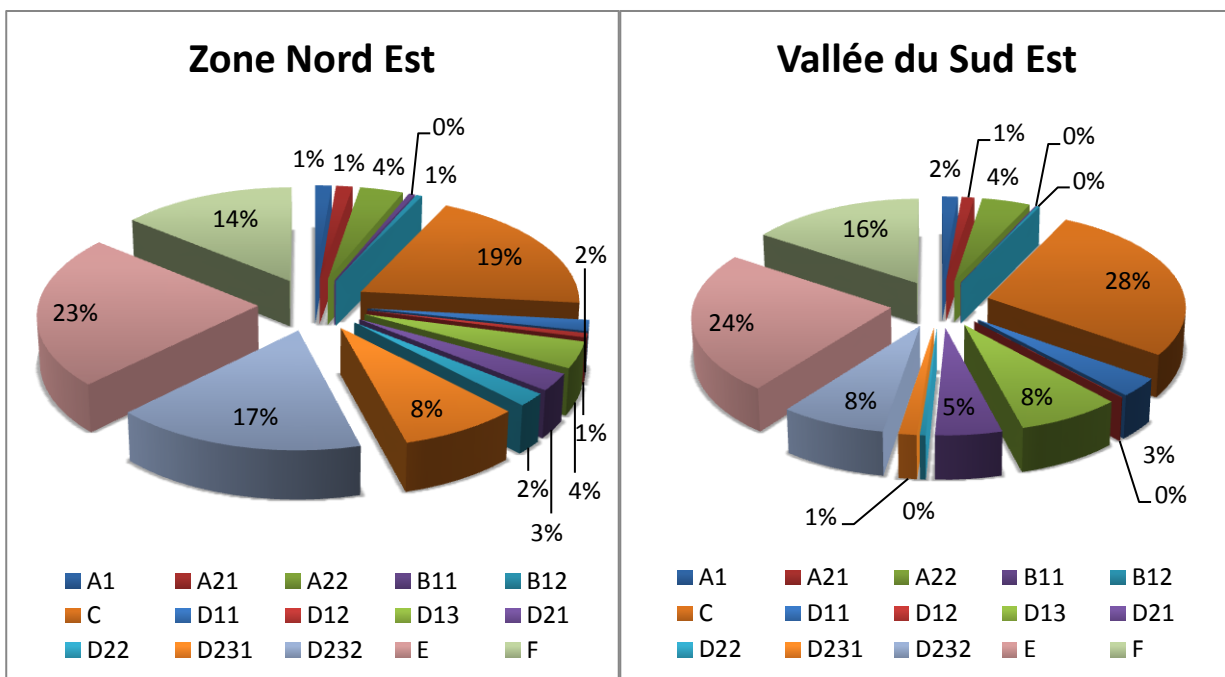


Figure 10 : Répartition des types détaillés d'exploitations dans les zones nord-est et sud-est du lac Alaotra

Dans la zone nord-est les types d'exploitations les plus représentés parmi les exploitations encadrées pour la campagne 2009-2010 sont les types D (36%), E (23%) et C (20%). Dans la vallée du sud-est ce sont les types C (27%), D (26%) et E (24%).

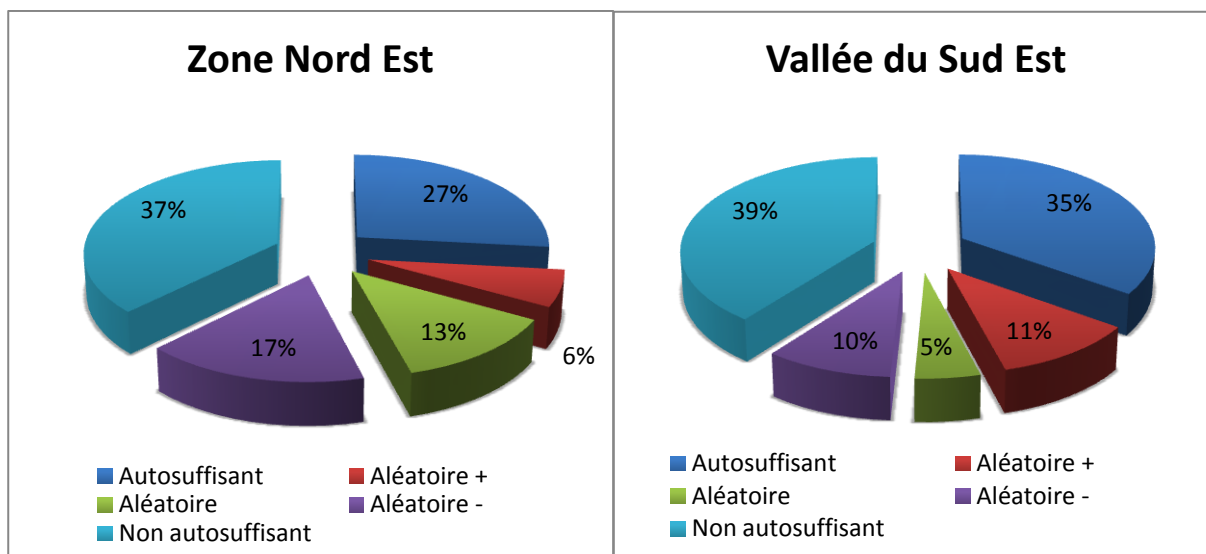


Figure 11 : Répartition des exploitations des zones nord-est et sud-est selon le critère d'autosuffisance en riz

Les types A, B et C sont autosuffisants en riz tous les ans, avec un minimum de 3500 kg de riz paddy par an, soit 27% des exploitations encadrées. Les types D ont une autosuffisance en riz aléatoire. Pour la zone sud-est, les exploitations des types D11, D12, et D13 (aléatoire+) peuvent réduire leur déficit en riz par la culture de riz pluvial sur leur surfaces exondées plus importantes que pour les types D2. Ces derniers ; D21 (aléatoire), D22, D231, D232 (aléatoire-) ne peuvent pas compenser leur déficit en riz les mauvaises années, ils ne sont pas autosuffisants. Dans la zone nord-est les types D11, D12, D13 (aléatoire+), D21, D22, D231 (aléatoire), ne sont pas autosuffisants les mauvaises années, mais peuvent réduire les risques grâce à des surfaces exondées plus importantes que le type D232 (aléatoire-), qui est rarement autosuffisant. Dans les deux zones les types aléatoire+ ont tendance à être autosuffisants les années où la pluviométrie est suffisante et bien répartie, grâce aux surfaces exondées comprises entre 4 et 8,5 ha. Ils tendent à se rapprocher du type C. Les types aléatoires- ont des surfaces exondées inférieures à 4 ha. Ils sont rarement autosuffisants et tendent vers le type E.

Les exploitations du type E et F ne sont jamais autosuffisantes en riz, se sont des exploitations avec moins d'un hectare de rizières et moins d'un hectare de surfaces exondées pour le type E et moins de 0,5ha de surfaces exondées pour le type F.

Dans la zone nord-est la proportion d'exploitations non autosuffisantes en riz est légèrement plus élevée que dans la zone sud-est. Parmi les exploitations autosuffisantes et aléatoires en riz, 60% environ sont autosuffisantes dans la zone nord-est contre 70% dans la zone sud-est.

En conclusion, la base de données exploitations était d'une part, mal remplie par les opérateurs, et d'autre part la typologie de base de 2007 ne permettait pas de discriminer certains types d'exploitations agricoles. L'échantillon d'enquêtes réalisées en 2007 par Durand et Nave n'était pas équilibré entre les trois zones de diffusion du projet, la majorité de l'échantillon se situe dans la zone sud est. Ceci a pour conséquence de lisser les différences des exploitations d'une même zone. De plus, les trois zones ont des caractéristiques bien différentes : de grands périmètres irrigués au sud est, de grandes rizières de décrue dans le nord est et de vastes plateaux de *tanety* sur la rive ouest.

L'analyse des proportions réelles des types d'exploitations permet d'obtenir pour la modélisation, des types détaillés d'exploitation représentatifs des zones d'étude. Les fermes du RFR sont-elles alors toujours représentatives de la typologie revisitée ?

#### II.4.2.2. Les fermes du RFR

La réactualisation des types d'exploitations sur les fermes du RFR a montré que pour quatre fermes sur six, le type indiqué dans la base de données était erroné. Les caractéristiques de trois d'entre elles ont évolué au cours du temps.

Tableau 3 : Les fermes du RFR sélectionnées pour cette étude

<i>Zone</i>	<i>Exploitation du RFR</i>	<i>Type selon la BD</i>	<i>Type réel</i>	<i>Evolution de la structure depuis 2007</i>
<b>Zone NE</b>	Randriamiarintsaina Zakamarosoa	D	<b>C</b>	non
	Rabemanantsoa Edmond	C	<b>C</b>	non
	Heranamanjaka	F	<b>C</b>	oui
<b>Zone SE</b>	Rakotoary Ernest	D	<b>C</b>	oui
	Rakotoarimanana Sylvain	E	<b>E</b>	non
	Randriamahaso Jules	D	<b>B</b>	oui

On note que la majorité des exploitations du RFR ont évolués vers un type « supérieur ». La majorité des exploitations du RFR sont des types C. On compte également un B et un E. Toutes les exploitations sauf une sont donc autosuffisantes en riz.

Les types les plus représentés sur les deux zones d'études étant les types D, C et E, les fermes du RFR ne peuvent être que de bons modèles pour le type C. Le type E du réseau n'étant pas un cas intéressant ; l'exploitant ne possède qu'une parcelle en RMME de 0,5 ha et le fonctionnement de son exploitation n'est pas compréhensible à partir des informations données par le paysan.

En conclusion les fermes du RFR ne sont pas réellement représentatives des zones d'étude. Cependant, elles peuvent être de bons modèles pour la modélisation de types C. Parmi les types C seront choisies une ferme par zone d'étude ; les plus intéressantes en terme de répartition du parcellaire sur la toposéquence (diversifié).

## II.5.Méthode d'évaluation technico-économique réadaptée

Au vu des résultats intermédiaires de l'étude, il est nécessaire de réorienter la méthodologie au niveau de la modélisation. Il n'est pas possible de modéliser en années réelles à cause du manque sérieux de données réelles fiables. Il faut donc utiliser des modèles d'exploitations.

### II.5.1.Situation de référence

La situation de référence n'est plus reconstruite à partir des dires d'acteurs, mais sera un modèle basé sur des rotations et itinéraires techniques standards non SCV (construits par toposéquence pour chaque zone).

### II.5.2.Choix du nouvel échantillon

Les exploitations à modéliser sont des fermes du RFR représentatives de chaque zone d'étude et intéressantes en terme de diversité des toposéquences sur la SAU. Il s'agit d'une ferme de type C sélectionnée dans chaque zone. Pour les types à modéliser non présents dans le RFR ; type D et E pour chaque zone, la structure du parcellaire des exploitations du RFR sélectionnées sera modifiée afin qu'elles évoluent vers les types recherchés.

### II.5.3.Construction des fermes types

A partir des fermes du RFR de type C sélectionnées dans chaque zone on construit les fermes de type D et E. Le parcellaire de chaque ferme de type C est conservé. Le premier critère discriminant de la typologie des exploitations du lac Alaotra est l'autosuffisance en riz. Les rizières irriguées sont les principales garanties d'une production en riz stable. Le type D ayant une autosuffisance en riz aléatoire, ne possède pas de rizières irriguées. En revanche il possède des RMME. Quant au type E, il n'est jamais autosuffisant en riz, du fait de ses faibles surfaces en RMME et sols exondés. On conserve les mêmes surfaces exondées pour les trois types. Seule la surface en rizière varie. L'assolement est identique pour les trois types.

### II.5.4.Itinéraires techniques standardisés SCV et non SCV

La méthodologie de détermination des rotations et successions culturales non SCV reste inchangée. A partir des résultats d'enquêtes les rotations et successions culturales types sont

déterminées par toposéquence pour chaque zone d'étude par observation des rotations ou successions culturales les plus pratiquées.

Les systèmes SCV modélisés sont ceux diffusés par le projet et ceux définis par Fabre, J. à partir des résultats d'enquêtes en 2010 chez des exploitants encadrés des deux mêmes zones d'étude. Les SCV préconisés et diffusés par les opérateurs sont variés. Les exploitants semblent n'adopter que certains de ces systèmes et les modifient en partie. Modéliser les systèmes réellement adoptés par les paysans permet d'obtenir un modèle plus proche de la réalité du terrain qu'avec les systèmes diffusés. Les standards SCV utilisés pour la modélisation ont été construits par toposéquence, pour chaque zone par BRL pour la campagne 2007-2008. C'est la seule campagne à posséder des standards détaillés pour toutes les cultures. Cependant, dans un souci de rigueur ces standards ne seront pas utilisés tel quels. Une analyse de la base des données brutes pour cette campagne va permettre d'évaluer l'évolution des rendements en fonction de l'ancienneté du système SCV. Cette évolution doit être confirmée par l'analyse de courbes de tendances sur les résultats de BRL (rapport annuel sur les rendements par culture). Les quantités d'engrais sont considérées comme stables pour la modélisation ; depuis 2007 les quantités d'engrais appliquées par les agriculteurs sont inférieures aux recommandations de BRL (la quantité d'engrais appliquée doit couvrir les exportations). L'évolution des rendements n'est donc pas liée à l'évolution des quantités d'engrais appliquées.

Les itinéraires techniques et les rendements standards non SCV vont être basés non plus à partir de plusieurs campagnes mais d'une seule ; 2007-2008. Les données 2010-2011 recueillies lors des enquêtes sont exploitables mais pas réellement représentatives ; cette campagne est exceptionnelle par sa faible pluviométrie (cf. Annexe 7) (649,4 mm d'eau contre 1262,2 mm d'eau en moyenne sur les 4 campagnes précédentes. Les rendements et les temps de sarclages sont alors sous-estimés. Le manque d'eau ayant entraîné une pression moindre des adventices. Par ailleurs, il est plus rigoureux de modéliser et comparer les données standards SCV et non SCV construites sur la même année afin d'éviter tout biais lié au climat. On utilise les standards de l'année 0 en SCV (avec labour) comme standard de culture conventionnel. Ces standards sont modifiés en fonction de la culture (ex : maïs dolique en année 0 sur labour sera modifié en éliminant toutes les charges et produits liés à la mise en place de la dolique).

L'absence de données réelles fiables ne permet pas de pouvoir analyser l'évolution des rendements en systèmes de cultures non SCV ni l'évolution du niveau d'intensification par culture sur plusieurs campagnes. On considère alors les rendements et les itinéraires techniques stables sur 10 ans.

Les itinéraires techniques non SCV ont été construits par type, on fait varier les temps de main d'œuvre salariale (MOS) sur les rizières. Selon la typologie Durand et Nave (2007) : les exploitations type C ont recours à environ 100 homme.jour par an de MOS, celles du type D à 20 homme.jour. Les exploitations du type E ne font pas appel à la MOS.

## II.5.5. Modélisation de l'échantillon RFR sous Olympe

La modélisation s'effectue en conservant la structure du parcellaire de l'exploitation et les cultures sur RMME et RI. Les cultures de riz sur RMME et RI sont modélisées à partir des informations d'enquêtes recueillies et entrées dans la base de données Olympe en 2007. On considère ces systèmes stables sur 10 ans. Les cultures sur *tanety* et *baiboho* sont remplacées par les systèmes types non SCV et SCV (rotations ou successions culturales types, itinéraires techniques types) sous forme de variantes de l'exploitation. Le choix des rotations ou successions culturales types conventionnelles et SCV s'effectue à partir des informations disponibles sur les systèmes cultivés par l'exploitant. Les systèmes types modélisés seront les plus proches de ceux que l'exploitant pratique réellement.

Pour chaque exploitation type on crée une variante SCV avec des ITK standards SCV sur labour pour la première année, suivi d'ITK SCV en année 1 et plus, sans labour pour les années suivantes. Puis une variante non SCV avec des ITK standards non SCV, stables sur dix ans.

Les données globales d'exploitation (*off farm*, nombre d'UTH, autoconsommations, dépenses du ménage) restent inchangées entre les types.

Le coût des charges (engrais, semences, phytosanitaires, main d'œuvre) et le prix de vente des produits sont constants sur 10 ans. Ces coûts et produits sont ceux de la campagne 2007-2008.

Du fait de la très faible intensification des systèmes de cultures non SCV, le climat est le principal facteur limitant des rendements. Au vue de l'analyse des données climatiques sur les 5 dernières campagnes, on peut émettre l'hypothèse que les rendements en systèmes non SCV varient sur 10 ans. En revanche, on suppose que les rendements en systèmes SCV évoluent en fonction de l'ancienneté de la parcelle. On fait également l'hypothèse que ces systèmes sont plus résilients face aux aléas climatiques. Ces hypothèses seront traitées sous Olympe au moyen d'aléas.

En conclusion la modélisation d'exploitations standardisées va donc permettre d'évaluer non plus l'impact des SCV sur le revenu réel des exploitations mais sur le revenu théorique de fermes modélisées.

Synthèse : **CHAPITRE II : DEMARCHE METHODOLOGIQUE**



<b>Etapes</b>	Caractérisation des pratiques agricoles au lac Alaotra	Caractérisation des exploitations agricoles du lac Alaotra	Evaluation des performances économiques des systèmes innovants
<b>Sous-étapes</b>	Etude BDD existantes et bibliographie Sélection/description des zones d'études Choix de l'échantillon d'enquêtes Enquêtes => résultats intermédiaires=>modification de la méthodologie	Choix des fermes types Elaboration de rotations et successions culturales types en systèmes non SCV Elaboration d'itinéraires techniques standards SCV et non SCV	Modélisation de fermes types avec le logiciel Olympe
<b>Outils</b>	BDD RFR sous Olympe Rapports de stage et BDD afférentes BDD exploitation Best et opérateurs Résultats d'enquêtes	Résultats d'enquêtes BDD Olympe BDD BRL	Logiciel Olympe ITK standards 2007-2008 BRL
<b>Problématiques</b>	Quels sont changements techniques entraînés par l'adoption d'une technique innovante ? Quels sont les différents niveaux d'adoption des techniques SCV?	Quels sont les systèmes de cultures réellement pratiqués par les exploitations du lac Alaotra ?	Les systèmes de cultures SCV ont-ils des performances économiques différentes de celles des systèmes de cultures non SCV?
<b>Résultats</b>	Typologie de comportement face à l'adoption des techniques culturales en SCV	Construction de modèles	Réponse à la demande ; les systèmes SCV permettent-ils d'augmenter le revenu des agriculteurs du lac Alaotra ?

### I. Niveaux d'adoption des techniques SCV au lac Alaotra : des pratiques culturelles innovantes très diversifiées

#### I.1. Les pratiques culturelles au lac Alaotra : définition des termes utilisés

##### I.1.1. Les pratiques traditionnelles (Chapitre I.1.1 L'Alaotra : des premières colonisations à l'indépendance)

L'agriculture traditionnelle malgache se caractérise par la riziculture inondée. Les surfaces exondées n'étaient pas cultivées avant la colonisation. La culture du riz s'effectuait par défriche-brûlis du *zetra* (végétation des marais) suivi d'une mise en boue par piétinement du sol par les zébus puis par un semis à la volée. Les cultures pluviales et le labour n'existaient pas (seulement un travail du sol à l'*angady* était pratiqué sur les sols exondés).

Les pratiques culturelles traditionnelles autour du lac Alaotra ne concernent donc que la riziculture de décrue.

##### I.1.2. Les pratiques conventionnelles (Chapitre I.1.2)

A partir de la colonisation la riziculture devient irriguée (aménagement hydraulique des périmètres coloniaux). Le repiquage, déjà pratiqué par l'ethnie Merina, se démocratise. Le labour à la charrue et la traction attelée apparaissent. Les premières cultures pluviales sont introduites ; il s'agit de cultures de rente sur bas-fond (arachide, manioc). Dès l'indépendance, on observe une intensification des cultures en réponse aux pressions foncière et démographique croissantes. Les produits phytosanitaires et les engrais sont introduits. Les cultures pluviales sur *baiboho* s'accroissent puis sur les *tanety*, c'est l'apparition des cultures de riz pluvial et de maïs. Le repiquage en ligne, et les nouvelles techniques de riziculture irriguée SRI (système de riziculture intensive), SRA (système de riziculture améliorée) apparaissent par la suite.

Les pratiques conventionnelles au lac sont caractérisées par des cultures pluviales sur surfaces exondées et de la riziculture irriguée intensive. Les cultures pluviales sont labourées et semées aléatoirement dans le sillon de la charrue. Elles sont cultivées la plupart du temps en monoculture.

##### I.1.3. Les pratiques innovantes (Chapitre I.1.3 Un nouveau paradigme : les SCV comme réponse aux contraintes agronomique, environnementale et économique)



A partir des années 2000 les techniques de semis direct sur couvert végétal sont diffusées (non labour, rotations agronomiques, couverture permanente du sol). On distinguera par la suite les SCV des SCI (systèmes de cultures innovants). Les SCI sont le résultat de l'adoption d'une partie des techniques SCV, intégrées aux systèmes de cultures conventionnels.

Tableau 4 : Synthèse des types de systèmes de culture

Type de système de culture	Toposéquence concernée	Pratiques
Traditionnel	Concerne la riziculture inondée	Défriche-brûlis du <i>zetra</i> , semis à volée
Conventionnel	Riziculture irriguée dans les périmètres irrigués Culture de rente (arachide, manioc) Introduction cultures pluviales sur <i>baiboho</i> et sur <i>tanety</i> (riz, maïs)	SRI SRA Labour mécanique et attelé Semis en ligne Monocultures ou pseudo-rotation Engrais, phytosanitaire
SCI	Systèmes hybrides sur sols exondés	Introduction d'une partie des pratiques culturelles SCV
SCV	Semis sur couvert végétal, concerne cultures pluviales sur sol exondés principalement	Zéro labour Plante de service Rotations agronomiques

## I.2. Adoption et innovations par les agriculteurs du lac Aloatra : des pratiques culturelles très diversifiées

L'analyse des pratiques culturelles des exploitants ne porte que sur les cultures pluviales. Les enquêtes ont été menées chez des exploitants encadrés par un opérateur du projet ; au moins une parcelle de leur exploitation est menée en système SCV et suivie par un technicien. Ces parcelles encadrées ont été exclues de l'échantillon suivant. Au total, 109 parcelles ont été enquêtées sur les rotations pratiquées et 80 itinéraires techniques de cultures pluviales ont été recueillis. La répartition des pratiques culturelles a été analysée à partir des 80 parcelles pour lesquelles l'itinéraire technique et la rotation pratiquée a été documenté lors des enquêtes en 2011. Il faut bien noter que la pratique du labour n'est évaluée que sur la campagne 2010-2011 contrairement aux pratiques de la rotation et de la couverture végétale qui elles sont évaluées sur les cinq dernières campagnes.

### I.2.1. Analyse des différentes pratiques spontanément adoptées par les agriculteurs : un mixage de pratiques

Cette analyse porte sur les parcelles non encadrées des exploitations. Elle se base sur les critères suivants : labour ou non labour, rotation, pseudo-rotation ou monoculture, absence ou présence d'un couvert végétal mort (paillage) ou produit *in situ* sur la parcelle.

Tableau 5 : Critères discriminants pour la typologie des comportements face à l'adoption des pratiques SCV

1 <sup>er</sup> critère : travail du sol	→ labour → Non labour
2 <sup>ème</sup> critère : successions culturales	→ Rotation → Pseudo rotation → Pas de rotation
3 <sup>ème</sup> critère : couverture du sol	→ Présence d'une couverture morte → utilisation d'une plante de couverture

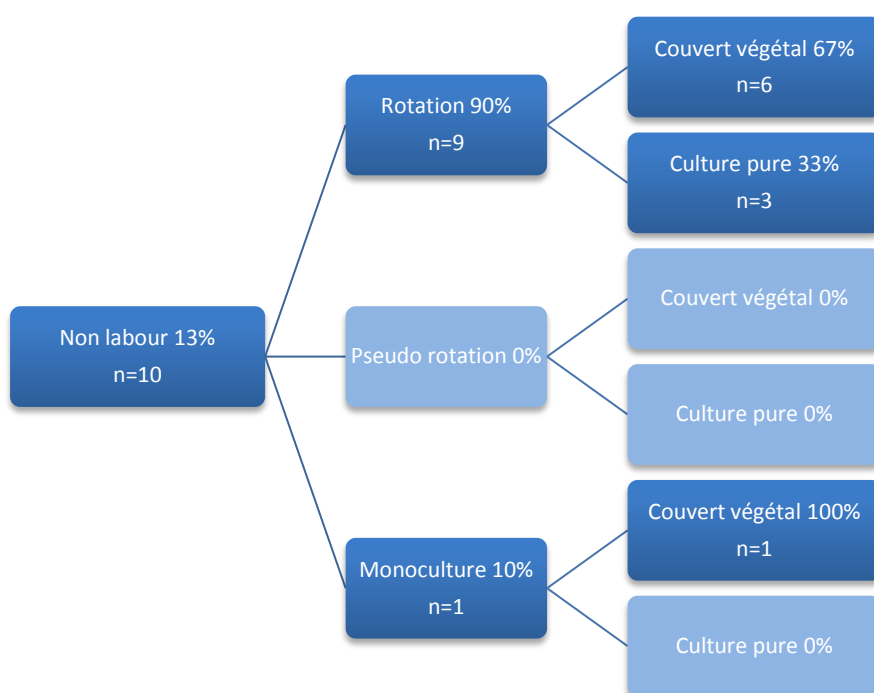


Figure 12 : Répartition et combinaisons des pratiques culturales associées au non labour (n=10)

Sur les 80 itinéraires techniques seulement 10 sont en semis direct en 2011 dont 6 combinent les trois principes du SCV ; non labour, couverture permanente du sol et rotation.

Pour 3 itinéraires avec rotation le principe de couverture permanente du sol n'est pas appliqué.

Les couvertures recensées sont principalement des couvertures mortes pour le maraichage paillé en contre-saison. En effet, le paillage des contre-saisons sur *baiboho* (paille du précédent cultural riz pluvial) est une pratique traditionnelle du lac Alaotra (Fabre, J., 2010). Peu de couvertures vives ont été recensées. Il s'agit principalement des associations maïs+légumineuse (vigna, dolique, niébé), manioc+*brachiaria*, et haricot+vesce. Les techniciens recommandent le recours aux engrais pour constituer une plante de couverture avec une biomasse suffisante (150 kg NPK et 100 kg d'urée). Ces recommandations sont peut-être un frein à la mise en place d'une couverture du sol permanente. Les systèmes SCV à bas niveau d'intrants (systèmes à base de *stylosanthès* ou

*brachiaria*) sont également diffusés mais ont été peu observés ; ils sont également peu pratiqués spontanément par les paysans. Un seul itinéraire technique a été recensé, appliquant le principe de non labour et la couverture permanente du sol, comme un système maïs+*stylosanthès*// maïs+*stylosanthès*).

Les possibles raisons du rejet de ces systèmes sont :

- Nécessité d'acquisition de connaissances pour la maîtrise du système (plus complexe que les couvertures à haut niveau d'intrants)
- Nécessite des années de jachères améliorées dans la rotation

Or, les paysans veulent produire des cultures vivrières tous les ans. En effet, les systèmes SCV les plus adoptés par les exploitants sont des systèmes à base de maïs+dolique//riz pluvial sur *tanety* (40% des parcelles SCV enquêtées par Fabre, J., 2010) et riz pluvial- CS maraichage sur *baiboho* (20% des parcelles SCV enquêtées par Fabre, J., 2010).

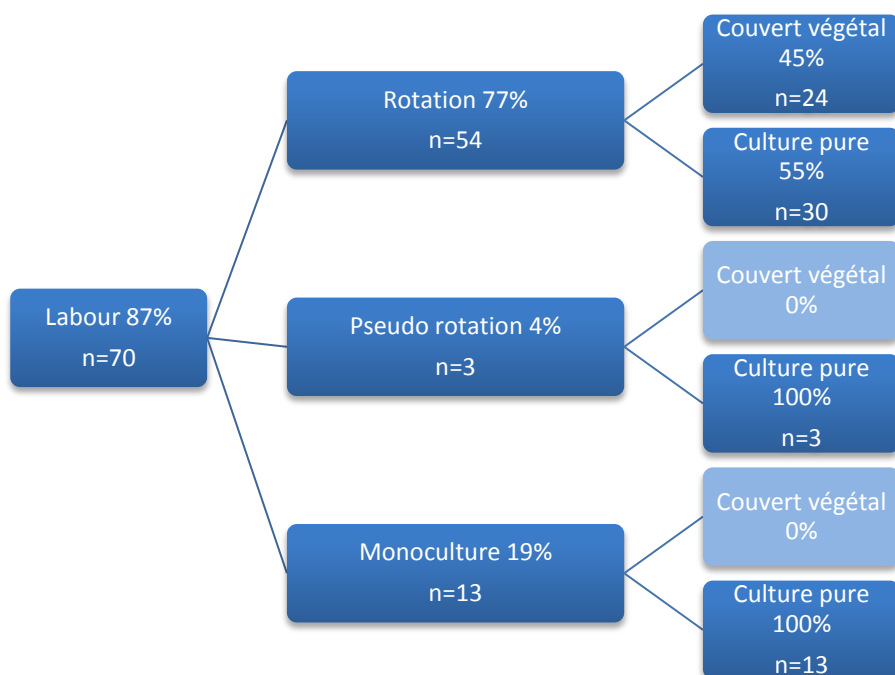


Figure 13 : Répartition et combinaisons des pratiques culturales associées au labour (n=70)

La majorité des itinéraires sur labour présentent une rotation (77% contre 19% de monoculture). Environ la moitié de ces itinéraires combinent rotations et couverture du sol. Les couvertures sont également en majorité des couvertures mortes sur *baiboho*. Les itinéraires présentant une monoculture ou pseudo-rotation (deux années consécutives avec la même culture puis une culture différente pour les deux années suivantes) sont en quasi majorité en culture pure (pas de couverture végétale ni association de culture).

En conclusion, la rotation est le principe agronomique le plus utilisé par les agriculteurs que ce soit en labour ou non labour. Le principe de couverture permanente du sol est appliqué majoritairement en non labour mais qu'à 50 % environ en labour. Le labour est encore très largement pratiqué par les agriculteurs du lac Alaotra. D'après les paysans le labour reste une intervention nécessaire afin de limiter la compaction du sol (dire d'experts, enquêtes 2011).

L'arrêt du labour semble être le facteur déterminant dans l'adoption de la totalité du « paquet » SCV.

D'après notre étude la combinaison de ces pratiques n'est pas liée ni à la zone d'étude, ni à la toposéquence (sauf pour la couverture du sol) ni au mode de tenure des terres ou encore au type d'exploitation.

### I.2.2. Les systèmes de culture adoptés par les agriculteurs : quelles combinaisons de pratiques pour quels niveaux d'adoption des pratiques SCV?

D'après les résultats d'enquêtes, bien que l'étude n'est pas porté spécifiquement sur les rizières irriguées, aucun agriculteur enquêté n'a conservé de pratiques culturelles traditionnelles sur les rizières. Il a été observé que la majorité des rizières sont menées en système conventionnel. En effet, les variétés améliorées conseillées par les opérateurs techniques sont largement utilisées sur RMME et rizière irriguée mais également pour le riz pluvial. Les agriculteurs utilisent tous le repiquage en ligne ainsi que le labour et les engrais.

Cependant, quelques agriculteurs au sud du lac Alaotra cultivent encore leurs rizières en système traditionnel ; ils défrichent le *zetra* par brûlis lors de la période de décrue du lac et sèment à la volée.

Les résultats précédents ont montré la forte pratique de la rotation sur les parcelles non encadrées, que ce soit en labour ou non labour. Les rotations observées sont très diverses. Elles sont parfois le résultat d'un comportement opportuniste ; les paysans vont choisir la culture à semer en fonction des disponibilités de semences et des prix (des semences et de vente du produit agricole). On a également observé des parcelles cultivées avec de l'arachide, manioc ou maïs pendant au moins quatre années consécutives jusqu'à ce qu'intervienne un changement de culture. L'explication fournie par les paysans à ce changement est le plus souvent « le sol était fatigué », « moins fertile ». A l'époque de la colonisation, les cultures sur *tanety* étaient menées en monoculture d'arachide ou manioc, le changement devait intervenir au bout de quelque années pour les mêmes raisons. Ce type de rotation est quantifié sous l'appellation « pseudo-rotation ». Ces rotations, à logique opportuniste, relèvent d'un système de culture conventionnel.

A l'inverse, des rotations avec une logique agronomique, diffusées dans le cadre des SCV, ont également été observées. Elles sont du type céréale//légumineuse, céréale//céréale, céréales//tubercules. Ce sont les rotations les plus observées. Elles relèvent d'un système de culture innovant.

La couverture végétale est le deuxième principe des SCV le plus adopté spontanément par les agriculteurs sur leurs parcelles non encadrées. D'après nos résultats, les couvertures végétales mises en place sont en grande partie des couvertures mortes pour la contre-saison sur *baiboho*. Les couvertures vives, ou cultures associées, ne sont que peu pratiquées. Elles sont préconisées par les opérateurs dans le cadre de la diffusion des SCV et ont pour but la couverture permanente du sol. Cependant, il faut distinguer ces couvertures vives de l'association de culture maïs + culture

vivrière. En effet, la culture du maïs dans une autre culture vivrière est une pratique fréquente au lac Alaotra (maïs+haricot, maïs+manioc, maïs+riz pluvial etc.). Le maïs est consommé par les ouvriers agricoles lors de la récolte. Il est soit planté à l'intérieur de la culture, soit en bord de champ. Cette pratique n'est pas toujours mentionnée par les agriculteurs. Les couvertures végétales quantifiées relèvent toutes d'un système innovant.

D'après ces résultats, il est possible de définir à partir des différentes combinaisons de pratiques quels sont les systèmes (conventionnel, SCI, SCV) les plus pratiqués par les agriculteurs.

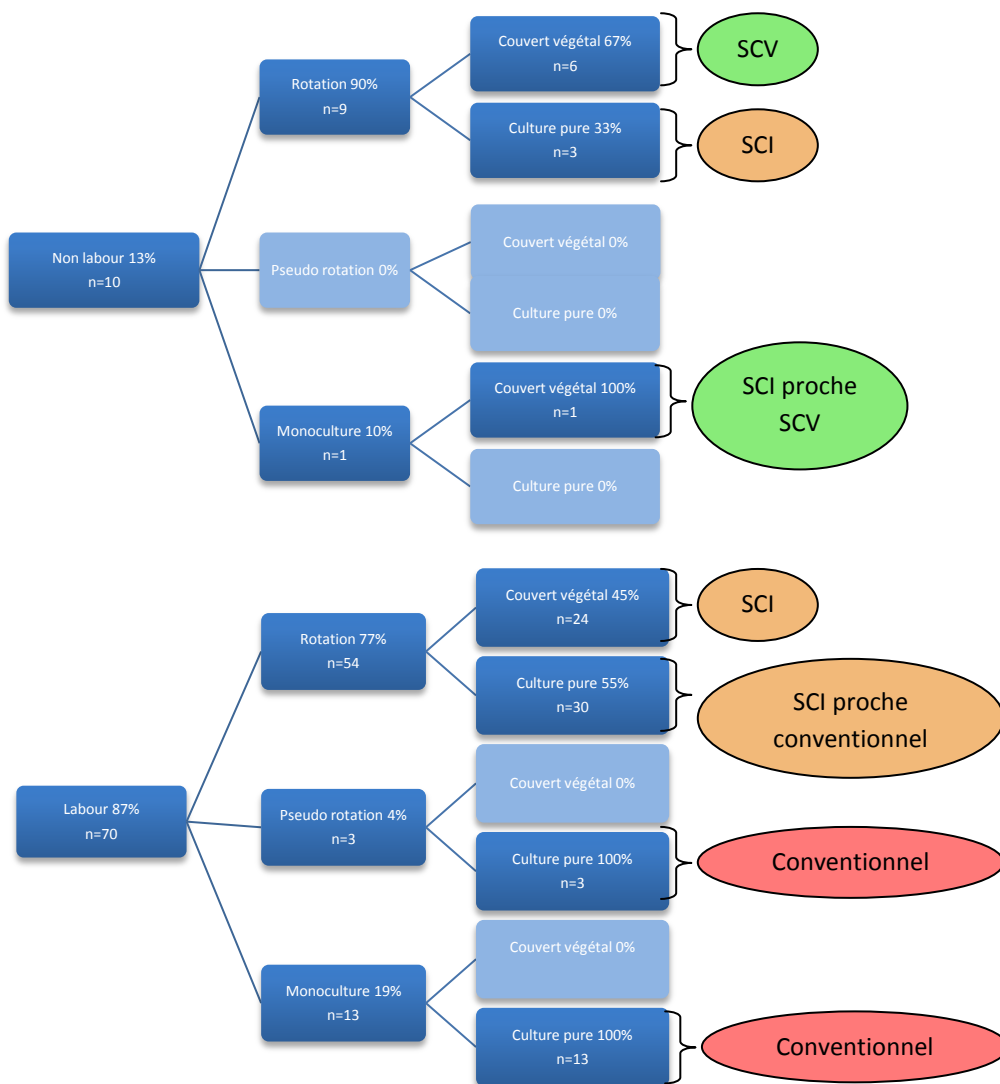


Figure 14 : Systèmes de cultures définis en fonction de combinaisons de pratiques

Les itinéraires combinant les trois principes du SCV simultanément sont définis comme système SCV. Les itinéraires combinant les pratiques du labour, de la monoculture, et de la culture pure sont définis comme conventionnel. L'itinéraire combinant le non labour, la monoculture et un couvert végétal s'apparente à un système SCV ; il s'agit d'un maïs + dolique // maïs + dolique mené en rotation inter rangs (Domas, Penot, comme pers.). Les autres itinéraires résultent d'une diversité de combinaisons entre les systèmes conventionnels et SCV, ce sont des systèmes définis comme innovants.

Ces résultats montrent qu'en dehors des parcelles encadrées, les techniques SCV diffusent spontanément au sein des exploitations. Cependant, la majorité des paysans n'adoptent spontanément qu'une partie du paquet technique, rarement la totalité.

### I.3. Typologie d'adoption des techniques SCV

Les résultats précédents montrent que la majorité des parcelles enquêtées sont conduites spontanément en systèmes hybrides ; les SCI. Les systèmes de culture conventionnels ont donc été profondément modifiés par l'arrivée des projets de développement au lac Aloatra. Cependant, la totalité de la technique innovante diffusée n'est pas spontanément adoptée par les exploitants sur leurs parcelles non encadrées.

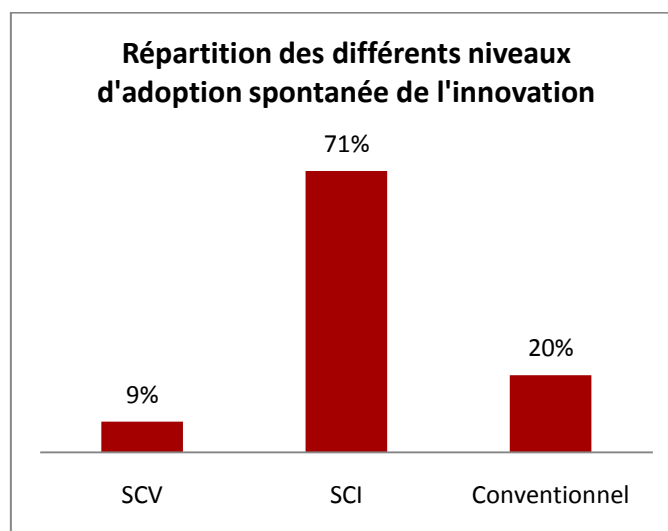


Figure 15 : Ratios d'effectifs des parcelles en fonction du niveau d'adoption des techniques SCV (n=80)

La typologie réalisée sur les niveaux d'adoption des techniques SCV n'est pas discriminante. En effet, les critères d'adoption des trois techniques du paquet SCV ne permettent pas de discriminer l'échantillon enquêté. Elle ne sera donc pas utilisée dans la suite de l'étude.

En vue d'affiner cette typologie, il serait intéressant d'utiliser des critères plus techniques liés à chaque innovation ; mode de semis (en ligne, aléatoire, poquet), fertilisation (type d'engrais, quantité utilisée), utilisation de phytosanitaires (traitement de semences, désherbage chimique ou à l'*angady*) etc.

En conclusion, dans l'échantillon enquêté on trouve une forte mixité des pratiques culturelles empruntées aux innovations successives dans la région de l'Alaotra, que ce soit à l'échelle de la parcelle mais également à l'échelle de l'exploitation, souvent pour des causes techniques et financières (problèmes de main-d'œuvre, flux de trésorerie insuffisant, bagage technique faible etc.). Ce dernier élément, révélé lors des enquêtes de terrain, n'a pas pu être traité dans cette étude du fait de sa complexité. Le contexte économique est souvent un facteur de changement important dans l'adoption des innovations. Par exemple, la hausse du prix des intrants chimiques, a entraîné un retour à l'utilisation de l'*angady* en système SCV pour le désherbage en remplacement des herbicides chimiques.

En définitive, la grande majorité des systèmes de culture actuels sont des systèmes innovants ; les paysans s'approprient les innovations et les mixent en fonction de leurs contraintes propres. Très

peu d'exploitants adoptent spontanément la totalité du paquet SCV que ce soit sur une ou sur l'ensemble leurs parcelles. Seules la moitié des fermes du RFR (exploitations hors échantillon) appliquent le paquet SCV sur l'ensemble de leur parcellaire.

## II. Les rotations standards

A partir des résultats d'enquêtes effectuées sur les zones sud est et nord est du lac Alaotra, ont été déterminées des rotations types par toposéquence pour chaque zone d'étude (cf. Annexe 8). Ces résultats ont été validés par des experts.

Pour chaque zone, et chaque toposéquence ont tout d'abord été identifiées les cultures les plus représentées au moyen de tableaux d'effectifs, construits à partir de tableaux croisés dynamiques. Ces effectifs représentent le nombre de fois où une culture apparaît dans une année. Un ratio (%) a été calculé afin d'indiquer la proportion d'une culture par rapport à la totalité des cultures recensées par année. Une analyse quantitative détaillée des successions culturales dans la base de données d'enquête 2011 a permis de définir des rotations types.

Les systèmes SCV retenus sont d'une part ceux diffusés par les opérateurs : Maïs + légumineuse volubile // Riz pluvial. D'autre part, selon Fabre (2010), l'arachide a été ajouté à cette rotation par les paysans sur leurs parcelles encadrées. C'est le résultat d'une appropriation par le paysan de la technique diffusée, ce sont les SCI « paysan » qui sont également retenus pour la modélisation. A l'inverse, les rotations et successions culturales des SCI spontanés (résultats d'enquêtes 2011) ont été observées sur les parcelles non encadrées des paysans. Ces systèmes, très diversifiés, sont le résultat d'une diffusion spontanée des techniques SCV diffusées, au sein de l'exploitation.

En système conventionnel, à partir de l'analyse historique des pratiques culturales au lac Alaotra et des résultats d'enquêtes (cf. annexe 8) on définit qu'il s'agit de monocultures ou pseudo-rotations de maïs, arachide, manioc, haricot ou tabac (pour la zone nord-est uniquement).

Le tableau ci-après présente les rotations ou successions culturales standards établies pour chaque système de culture.



Tableau 6 : Synthèse des différents systèmes de culture standards par toposéquence et par zone

Toposéquence	SCV préconisés par le projet	SCI paysan (J. Fabre, 2010)	SCI spontanés (Enquêtes 2011)	Conventionnel (enquêtes 2011)
<i>Tanety</i>	Maïs+lég.//riz pluvial (VSE, ZNE)  Maïs + lég.//riz pluvial//maïs+lég. //arachide (VSE, ZNE)	Maïs + lég // maïs + lég (ZNE)  Maïs + lég // riz pluvial // arachide (VSE, ZNE)	Maïs//maïs//arachide (ZNE)  Maïs//maïs//arachide//manioc (VSE)	Arachide Manioc Maïs Haricot Tabac (ZNE)
<i>Tanety BP</i>	Maïs + lég.//riz pluvial//maïs+lég. //arachide (VSE, ZNE)  Maïs+lég.// riz pluvial (VSE, ZNE)	Maïs + lég // riz pluvial // arachide (VSE, ZNE)	Riz//maïs//arachide (ZNE)  Arachide//manioc/ /haricot (VSE)	
<i>Baiboho</i>	Riz pluvial+vesce – maraîchage paillé CS (VSE, ZNE)		Riz pluvial – maraîchage paillé CS (VSE, ZNE)	Riz pluvial – CS (VSE, ZNE)

On observe d'après le tableau ci-dessus que la rotation intra-annuelle sur *baiboho* n'est pas réellement modifiée entre les systèmes conventionnel, SCI spontané et SCV diffusé. Le système innovant apporte une couverture morte en contre-saison par rapport au système conventionnel. Le système SCV apporte en supplément un engrais vert en saison sur le riz pluvial : la vesce. Sur les *tanety* en système conventionnel se retrouvent les monocultures ou pseudo-rotations d'arachide, manioc, maïs, haricot ou encore tabac de façon marginale dans la zone nord-est. En SCI spontanés, dans les deux zones d'étude, l'évolution du système se traduit par l'introduction d'une ou de deux cultures dans la rotation après deux années successives de maïs. La culture de maïs est privilégiée en rotation avec des légumineuses souterraines et/ou tubercules. Le riz pluvial est absent de la rotation. En système SCI paysan dans la zone nord la monoculture de maïs est associée à une légumineuse volubile. Pour les deux zones, on observe une intégration du riz pluvial dans la rotation entre les cultures de maïs et d'arachide. Les systèmes SCV se séparent en deux systèmes SCV distincts à partir de la rotation triennale Maïs// riz // arachide. D'une part la culture d'arachide est supprimée de la rotation triennale et d'autre part le maïs + légumineuse s'insère dans la rotation entre le riz et l'arachide.

Sur les bas de pente, aucun système conventionnel n'a pu être identifié. En système SCI spontané, on observe dans la zone nord-est une rotation standard triennale avec du riz pluvial en tête de rotation suivi d'une céréale et d'une légumineuse souterraine. Dans la zone sud-est, le riz est absent de la rotation, l'arachide est placée en tête de rotation et suivi d'une légumineuse souterraine puis volubile. En SCI paysan la rotation est la même qu'en SCI spontané dans la zone nord-est mais organisée différemment ; le maïs est placé en tête de rotation associé à une couverture vive et suivi du maïs. L'inversion de position entre les cultures de maïs et de riz entre

les deux systèmes est imposée par le respect du principe de couverture du sol en SCV pour la culture suivante. Ce système n'est pas considéré comme SCV puisque ce même principe n'est pas respecté entre la culture de riz pluvial et d'arachide (il n'y a plus de couverture). Cette rotation est donc modifiée en système SCV par l'introduction d'un maïs + légumineuse entre les cultures de riz et d'arachide afin de respecter le principe de couverture du sol permanente. On observe également une seconde rotation standard en système SCV où l'arachide a été supprimé de la rotation comme sur *tanety*.

Dans la zone sud-est, il n'a pas été observé de successions culturales conventionnelles comme nous l'avons définis précédemment. On peut émettre l'hypothèse que ceci est lié au fait que cette zone fait l'objet d'une diffusion plus ancienne que la zone nord-est. Ce système ne sera donc modélisé que dans la zone ZNE. Pour la zone nord-est, d'après les résultats d'enquêtes 2011 (cf. annexe 8), la succession culturale conventionnelle la plus représentée est maïs // maïs.

Dans le cadre de la démarche contrefactuelle, la référence de comparaison entre les différents systèmes de culture correspond aux systèmes SCV diffusés par le projet BV-Lac. La comparaison entre les systèmes SCV projet et les systèmes conventionnels et SCI spontanés fait référence à une démarche contrefactuelle (rappel : les pratiques culturales des agriculteurs avant d'adopter les systèmes SCV). En revanche, la comparaison SCV avec SCI paysans ou encore SCI spontanés avec SCI paysans n'est plus une démarche contrefactuelle *stricto sensu* puisque dans le premier cas il s'agit d'une appropriation par les paysans de la technique SCV et dans le deuxième cas d'innovations parallèles à partir de deux systèmes différents ; conventionnel et SCV. Ces systèmes ne seront donc pas modélisés. On utilise donc pour cette étude des SCI dites proches des systèmes conventionnels. Ceci montre la très forte capacité d'innovation des paysans locaux , et en particulier de notre échantillon puisque 86% sont suivis par le projet sur au moins une parcelle. Ceci montre également que les techniques percolent dans les systèmes de cultures mais pas la technique SCV dans son ensemble.

**Tableau 7 : Synthèse des systèmes de pratiques culturales à comparer par la modélisation**

<b>Système de référence</b>	<b>Système à comparer</b>
SCV préconisé par le projet	Conventionnel (ZNE)
SCV préconisé par le projet	SCI spontanés (enquêtes 2011)
SCV préconisé par le projet	SCI paysans (J. Fabre, 2010)
SCI paysans (J. Fabre, 2010)	SCI spontanés (enquêtes 2011)

### III. Itinéraires techniques standards

Les itinéraires techniques standards construits pour cette étude sont basés les itinéraires standards construits par Domas, Penot, BRL, AVSF pour la campagne 2007-2008. Tous les itinéraires techniques recueillis lors du suivi des parcelles encadrées, sont compilés dans une base de données Excel par BRL. Les itinéraires standards sont établis par regroupement des itinéraires recueillis en classes homogènes de rendements. Pour chaque classe des moyennes sont effectuées sur les rendements et les charges.

#### III.1. Les itinéraires techniques standards innovants

Les itinéraires techniques innovants sont construits à partir des itinéraires standards BRL 2007-2008 en année 0 de SCV, avec labour. Les données relatives aux plantes de couvertures sont éliminées (semences, gauchage, temps de travaux). Lorsque les données sont disponibles, ces itinéraires sont détaillés par toposéquence et par zone (cf. Annexe 9).

Pour la modélisation sous Olympe on a choisi de ne pas utiliser les données de la campagne 2010-2011 recueillies lors des enquêtes, pour la comparaison avec les systèmes SCV. En effet cette campagne est marquée par une faible pluviométrie (cf. annexe 7). Les résultats de cette campagne ne sont pas comparables à ceux de la campagne 2007-2008, qui est une année moyenne (cf. annexe 7).

A partir des données climatiques on fait l'hypothèse qu'une année exceptionnelle comme 2010-2011 les rendements sur *tanety* chutent de 50%. Cette hypothèse n'est pas vérifiable à partir des données disponibles. Les résultats d'enquêtes 2011 montrent des rendements faibles en riz pluvial sur sols exondés, 874 kg/ha en moyenne mais l'échantillon est de 9 parcelles. La base de données opérateurs 2010-2011 n'est pas disponible dans le détail. Il n'a pas été possible non plus de justifier ces aléas de rendements avec les données BRL ; rendements en année 0 (avec labour) sur les cinq dernières campagnes. En effet, dans les AO sont comprises les parcelles qui ont été en SCV une ou plusieurs années consécutives puis labourées par l'agriculteur l'année de l'enquête. Le rendement de la culture installée sur reprise du labour est généralement élevée. Le rendement de ces parcelles tire la moyenne des rendements en AO à la hausse et fait disparaître les variations des rendements liées au climat. On ne peut alors conclure quant à l'évolution des rendements en système innovant avec les données BRL.

Les variations climatiques sur les cinq dernières campagnes indiquent une bonne année, deux moyennes, une très bonne année et une très mauvaise année (cf. annexe 7). On considère que cette séquence se répète deux fois sur 10 ans. Un aléa sur les rendements en riz sur RMME est construit selon cette séquence. On suppose qu'une bonne année le rendement est de 100% (2700 kg/ha), une année moyenne de 56% (1500 kg/ha), une très bonne année de 129% (3500 kg/ha) et une très mauvaise année de 0% (pas ou très peu de production). Aucune donnée viable sur l'évolution des rendements en RMME n'est disponible actuellement pour permettre de vérifier cet

aléa. Cet aléa a été établi à dire d'expert (Domas, Penot, 2011) en intégrant les bases de données disponibles.

### III.2. Les itinéraires techniques standards SCV

Les itinéraires techniques standards SCV sont détaillés en annexe 9. Ils sont basés sur les itinéraires techniques standard de la campagne 2007/2008 construits par Domas, Penot, BRL et AVSF.

#### III.2.1. Les itinéraires techniques standards en année 0 de SCV

Les itinéraires en année 0 de SCV sont ceux établis par BRL. Le rendement standard est le même qu'en système innovant afin de pouvoir comparer les systèmes sur une même base de rendement initiale.

Ces systèmes sont modélisés lors de la mise en place du système SCV en année 0, avec labour.

#### III.2.2. Les itinéraires techniques standards en année 1 et plus de SCV

Les itinéraires techniques en année 1 et plus de SCV plus sont établis à partir des standards en année 0 de SCV. Des ITK en année n+1 existe mais ils ont été créés par gamme de rendements sur toutes les années n+1. Dans un souci de cohérence avec la hausse des rendements calculée en fonction de l'ancienneté en SCV, nous avons conservé l'ITK en année 0 de SCV en éliminant le temps de labour et en ajustant les temps de travaux. Les rendements évoluent en fonction de l'ancienneté en SCV de la parcelle. L'analyse de l'évolution des rendements (cf. annexe 10) n'est possible que pour les cultures de riz pluvial, maïs et arachide, les données sur les autres cultures ne sont pas disponibles.

A partir des bases de données disponibles de BRL, pour chaque campagne on a observé une augmentation très progressive des rendements en riz pluvial et maïs en fonction de l'ancienneté en SCV du système de culture. Pour la culture d'arachide les rendements ne semblent pas évoluer. L'augmentation moyenne des rendements par année a été calculée pour les cultures de riz et de maïs sur une base de 4 à 5 années d'ancienneté du système SCV. L'augmentation des rendements a été évaluée par zone d'étude mais pour toutes les toposéquences confondues. Les données disponibles ne sont pas suffisamment nombreuses pour effectuer une analyse pour chaque toposéquence.

Les pourcentages d'augmentation des rendements par année pour les cultures de maïs et de riz pluvial sont modélisés sur 10 ans au moyen d'un aléa.

Tableau 8 : Pourcentages annuels d'augmentation des rendements par zone pour les cultures de riz pluvial et maïs, toutes toposéquences confondues

	VSE	ZNE
<b>Riz pluvial</b>	3 %	5%
<b>Maïs</b>	4 %	3%

### III.3. Les itinéraires techniques standards conventionnels

Il n'a pas été possible d'identifier de successions culturales conventionnelles *stricto sensu* dans la zone sud-est. Il n'y a donc pas d'itinéraires techniques standards conventionnels pour la zone VSE. On a donc utilisé des ITK SCI proches des techniques conventionnelles avec labour. Pour la zone nord-est les itinéraires techniques standards sont les mêmes que les itinéraires techniques standards innovants excepté pour le système de culture sur *baiboho* où le temps de paillage est éliminé.

En l'absence de données disponibles, on considère les rendements en système conventionnel stables sur 10 ans sur les successions culturales sélectionnées.

## IV. Fermes types modélisées

Les fermes modélisées sont construites à partir de chaque ferme de type C sélectionnée dans le RFR. Les enquêtes auprès des fermes de type C ont permis de reconstruire le parcellaire et l'assolement réel de l'exploitation depuis 2007 jusqu'à 2011. Ces informations permettent d'établir une logique de fonctionnement au niveau de l'atelier végétal, et de construire un modèle. A partir de l'assolement réel on détermine en premier lieu un assolement en système SCV standard sur 10 ans. Les rotations ou successions culturales par toposéquence sont choisies en fonction de l'assolement réel de l'exploitation et de sa logique. Les assolements en système innovant et conventionnel sur 10 ans sont construits par la suite à partir des correspondances établies entre les différents systèmes (Tableau 6). Les informations globales de l'exploitation (nombre de zébus, *off-farm*, nombre d'UTH...) servent également à construire le modèle.

Les fermes de types D et E sont construits selon les critères de la typologie (Tableau 2) par modification de la ferme du RFR modèle (surfaces en rizières, utilisation de main d'œuvre salariale..). Les données globales d'exploitation sont conservées entre les différents types d'exploitations modélisés.

## IV.1. Les fermes du nord-est

### IV.1.1. Ferme du RFR modélisée de type C

La ferme modélisée de type C dans la zone nord-est se situe dans le *fokontany* d'Imerimandroso. Les informations globales de l'exploitation sont présentées en annexe 11.

Le parcellaire cultivé de l'exploitation se compose de la façon suivante :

Tableau 9 : Parcellaire de l'exploitation de type C dans la zone nord-est exprimé en hectare

	<b>RI</b>	<b>RMME</b>	<b>Baiboho</b>	<b>TanetyBP</b>	<b>Tanety</b>	<b>SAU Totale</b>
<b>Statut foncier</b>	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>
<b>Nombre d'hectares</b>	1,50	0,80	0,10	0,39	0,08	2,87
<b>Nombre de parcelles</b>	3	1	1	3	1	9

#### IV.1.1.1. Assolement en système SCV standard sur 10 ans

A partir de l'assolement réel de l'exploitation depuis 2007 (cf. annexe 11), on détermine un assolement prévisionnel sur 10 ans en systèmes SCV standards.

Sur la parcelle en RMME, chaque année l'exploitant fait du riz pluvial en saison suivi d'une contre saison de riz (riz de décrue). Ce système non SCV est conservé sur 10 ans. Il en est de même pour la rizière irriguée.

Sur la parcelle de *baiboho* l'exploitant a un système Riz pluvial – CS maraîchage. Le système SCV standard utilisé pour la modélisation est Riz pluvial – Haricot CS + vesce. Sur les bas de pente des *tanety* l'exploitant a un système Maïs + légumineuse // riz pluvial // arachide ou manioc. Sur la parcelle de *tanety* l'exploitant pratique une monoculture maïs + légumineuse // maïs + légumineuse. Le système SCV standard déterminé sur bas de pente est le même que sur *tanety*. Il s'agit d'un système Maïs + légumineuse // Riz pluvial // Maïs + légumineuse // arachide.

Sur les bas de pente le système SCV n'est pas modélisé comme un seul système sur 0,39 ha mais comme 3 systèmes correspondant aux 3 parcelles. Le but est de conserver la stratégie culturelle mise en place par l'exploitant sur son exploitation. En effet, l'assolement réel de l'exploitation montre que les cultures de riz pluvial et de maïs sont présentes tous les ans en rotation sur les différentes parcelles, la priorité des paysans au lac étant de produire du riz pluvial.

Tableau 10 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCV standard sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone ZNE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riz irrigué_RI	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Riz pluvial_RMME	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Riz décrue_RMME(CS)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Maïs+dolique_TBP	0,15		0,10	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15		0,10
Riz pluvial_TBP	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15	
Maïs+dolique_TBP	0,10	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15
Arachide_TBP		0,10	0,14	0,15		0,10	0,14	0,15		0,10	0,14
Maïs+dolique_T		0,08				0,08				0,08	
Riz pluvial_T			0,08				0,08				0,08
Maïs+dolique_T				0,08				0,08			
Arachide_T	0,08				0,08				0,08		
Riz pluvial + vesce_B	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Haricot paillé_B (CS)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

#### IV.1.1.2. Assolement en système innovant standard sur 10 ans

Les systèmes sur RI et RMME sont conduits en système non SCV et restent inchangés. Le système SCV sur *baiboho* est remplacé par le système innovant Riz pluvial – haricot paillé CS. Le système SCV sur bas de pente est remplacé par le système innovant Riz pluvial // maïs // arachide. Sur *tanety*, le système SCV est remplacé par le système innovant Maïs // maïs // arachide.

Tableau 11 : Assolement et rotations exprimées en hectare en SCI spontané standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone ZNE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riz irrigué_RI	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Riz pluvial_RMME	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Riz décrue_RMME(CS)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Riz pluvial_TBP	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10
Maïs_TBP	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15
Arachide_TBP	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14	0,15	0,10	0,14
Maïs_T		0,08			0,08			0,08			0,08
Maïs_T			0,08			0,08			0,08		
Arachide_T	0,08			0,08			0,08			0,08	
Riz pluvial_B	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Haricot paillé_B (CS)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

### IV.1.1.3. Assolement en système conventionnel standard sur 10 ans

Les systèmes sur RI et RMME sont inchangés. Le système innovant sur *baiboho* est remplacé par le système conventionnel Riz pluvial – haricot CS. Le système innovant sur bas de pente est remplacé par le système conventionnel Maïs // maïs. Sur *tanety*, le système innovant est remplacé par le système conventionnel Maïs // maïs.

Tableau 12 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système conventionnel standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone ZNE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riz irrigué_RI	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Riz pluvial_RMME	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Riz décrue_RMME(CS)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Maïs_TBP	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Maïs_T	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Riz pluvial_B	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Haricot_B (CS)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

### IV.1.1.4. Informations globales de l'exploitation

L'exploitation compte 1,80 UTH (Unité de Travail Humain) et 5,5 personnes à nourrir. La pêche constitue un revenu secondaire sur l'exploitation à raison de 400 000 Ar / an. Les dépenses du ménage (écolage, dépenses vestimentaires, entretien de la maison, dons..) représentent 960 000 Ar par an. Les autoconsommations, achat de produits agricoles alimentaires et d'animaux représentent 965 000 Ar / an. La main d'œuvre salariale est employée sur les rizières irriguées à raison de 100 homme.jour / an.

### IV.1.2. Ferme modélisée de type D

L'exploitation de type D est d'après la typologie une exploitation dont l'autosuffisance en riz est aléatoire. Il a été choisi de supprimer la parcellaire en rizière irriguée du parcellaire et de conserver la parcelle en RMME. Toutefois, la surface de cette parcelle a été augmenté de 0,20 ha afin que l'exploitation produise assez de riz paddy pour être autosuffisante les bonnes années. Les surfaces exondées ont été conservées.



Tableau 13 : Parcellaire de l'exploitation de type D dans la zone nord-est exprimé en hectare

	RI	RMME	Baiboho	TanetyBP	Tanety	SAU Totale
<b>Statut foncier</b>	-	Propriété	Propriété	Propriété	Propriété	Propriété
<b>Nombre d'hectares</b>	0	1	0,10	0,39	0,08	1,57
<b>Nombre de parcelles</b>	0	1	1	3	1	9

Les assolements et les systèmes de culture en systèmes SCV et innovants sont donc inchangés.

#### IV.1.3.Ferme modélisée de type E

Les exploitations de type E ne sont pas autosuffisantes en riz d'après la typologie. La surface de la parcelle en RMME a été diminuée à 0,50 ha. L'itinéraire technique de la RMME ne comporte pas de main d'œuvre salariale contrairement au type D. Les surfaces exondées sont inchangées. Les assolements et les systèmes de culture en systèmes SCV et innovants sont donc inchangés.

Tableau 14 : Parcellaire de l'exploitation de type E dans la zone nord-est exprimé en hectare

	RI	RMME	Baiboho	TanetyBP	Tanety	SAU Totale
<b>Statut foncier</b>	-	Propriété	Propriété	Propriété	Propriété	Propriété
<b>Nombre d'hectares</b>	0	0,5	0,10	0,39	0,08	1,07
<b>Nombre de parcelles</b>	0	1	1	3	1	9

#### IV.2.Les fermes du sud-est

##### IV.2.1.Ferme du RFR modélisée de type C

La ferme modélisée de type C dans la vallée du sud-est se situe dans le *fokontany* d'Ambohipasika. Les informations globales de l'exploitation sont présentées en annexe 11.

Le parcellaire cultivé de l'exploitation se compose de la façon suivante :

Tableau 15 : Parcellaire de l'exploitation de type C dans la zone sud-est exprimé en hectare

	RI	Baiboho		SAU Totale	
<b>Statut foncier</b>	Propriété	Propriété	location	Propriété	location
<b>Nombre d'hectares</b>	1,50	0,20	0,10	1,70	0,1
<b>Nombre de parcelles</b>	1	2	1	3	1

#### IV.2.1.1. Assolement en système SCV standard sur 10 ans

A partir de l'assolement réel de l'exploitation depuis 2007 (cf. annexe 11), on détermine un assolement prévisionnel sur 10 ans en systèmes SCV standards.

Sur la parcelle de riz irrigué, l'exploitant fait chaque année du riz en saison. Ce système non SCV est conservé sur 10 ans. Sur *baiboho* (0,17) l'exploitant a un système, riz pluvial – haricot ou tomate CS. Le système SCV standard appliqué est Riz pluvial + vesce – Haricot CS paillé. Sur *baiboho* (0,08 ha et 0,10 ha), l'exploitant a un système Riz pluvial – haricot ou tomate// Maïs+dolique en rotation sur les deux parcelles. Le système SCV standard appliqué est Maïs + légumineuse // Riz pluvial.

Tableau 16 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCV standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone VSE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riz Irrigué	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Maïs+dolique B	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08
Riz pluvial B	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,10
Riz pluvial_B	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Haricot + vesce_B (CS)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

#### IV.2.1.2. Assolement en système innovant standard sur 10 ans

Le système sur RI est conduit en système non SCV, il est inchangé. Les systèmes SCV sur *baiboho* sont remplacés par les systèmes innovants spontanés Riz pluvial – haricot paillé CS et Riz pluvial//maïs//arachide. Cette dernière rotation a été observée lors des enquêtes sur *baiboho* dans la zone VSE, mais elle n'est pas majoritaire. Cependant, on choisit de la modéliser sur cette exploitation pour des raisons de cohérence avec l'assolement réel et SCV modélisé de l'exploitant.

Tableau 17 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCI spontané standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone VSE

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Riz Irrigué	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Riz pluvial B	0,08		0,10	0,08		0,10	0,08		0,10	0,08	
Maïs B	0,10	0,08		0,10	0,08		0,10	0,08		0,10	0,08
Arachide B		0,10	0,08		0,10	0,08		0,10	0,08		0,10
Riz pluvial_B	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Haricot B (dérobée)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17

### IV.2.1.3. Informations globales de l'exploitation

L'exploitation compte 4,80 UTH et 6 personnes à nourrir. Les dépenses du ménage (écolage, dépenses vestimentaires, entretien de la maison...) représentent 560 000 Ar par an. Les autoconsommations représentent 1 178 000 Ar / an. La main d'œuvre salariale est employée sur la rizière irriguée à raison de 100 homme.jour / an.

### IV.2.2. Ferme modélisée de type D

L'exploitation de type D est d'après la typologie une exploitation dont l'autosuffisance en riz est aléatoire. Il a été choisi de supprimer la parcelle en rizière irriguée et la remplacer par une parcelle en RMME de 1,5 ha. Les surfaces exondées ont été conservées.

Tableau 18 : Parcellaire de l'exploitation de type D dans la zone sud-est exprimé en hectare

Statut foncier	RMME	Baiboho		SAU Totale	
	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Location</i>	<i>Propriété</i>	<i>Location</i>
<b>Nombre d'hectares</b>	1,5	0,20	0,10	1,2	0,1
<b>Nombre de parcelles</b>	1	2	1	3	1

La main d'œuvre salariale est employée sur la RMME à raison de 20 h.j / an. Les assolements et les systèmes de culture en systèmes SCV et innovants sont donc inchangés.

### IV.2.3. Ferme modélisée de type E

Les exploitations de type E ne sont pas autosuffisantes en riz d'après la typologie. La surface de la parcelle en RMME a été diminuée à 0,90 ha. L'itinéraire technique de la RMME ne comporte pas de main d'œuvre salariale contrairement au type D. Les surfaces exondées sont inchangées. Les assolements et les systèmes de culture en systèmes SCV et innovants sont donc inchangés.

Tableau 19 : Parcellaire de l'exploitation de type E dans la zone sud-est exprimé en hectare

Statut foncier	RMME	Baiboho		SAU Totale	
	<i>Propriété</i>	<i>Propriété</i>	<i>Location</i>	<i>Propriété</i>	<i>Location</i>
<b>Nombre d'hectares</b>	0,9	0,20	0,10	1,7	0,1
<b>Nombre de parcelles</b>	1	2	1	3	1

Le revenu *off-farm* de l'exploitation est un emploi d'ouvrier agricole en dehors de l'exploitation. Ce revenu génère un apport de 400 000 Ar / an.

## **V. Analyse technico-économique : comparaison des performances des systèmes de culture SCV, SCI et conventionnel**

Les graphiques présentés ci-dessous sont issus des sorties du logiciel Olympe. Ils présentent l'évolution de quelques indicateurs économiques ; résultat d'exploitation, solde de trésorerie et solde cumulé sur 10 ans (cf. annexe 6). La courbe en rouge correspond à l'exploitation modélisée en systèmes SCV, en bleu à sa variante en SCI spontanés, et en vert à la variante en systèmes conventionnels. Les valeurs de ces indicateurs économiques sont présentés en annexe 12 ainsi que celles de la marge brute, du revenu total net et de la marge nette. Les ratios d'intensification et de retour sur investissement sont également présentés à l'échelle de l'exploitation par type et par zone. La marge brute et la valorisation de la journée de travail à l'échelle de la parcelle sont présentées dans un second temps pour les principaux systèmes de culture modélisés.

Ces indicateurs économiques permettent d'évaluer la viabilité d'une exploitation. Celle-ci résulte de la durabilité, économique, sociale, environnementale et institutionnelle au niveau de l'exploitation mais aussi au niveau du territoire (Bar, 2011). La durabilité économique concerne le maintien ou l'amélioration d'un niveau de vie, lié à des niveaux de revenus. Le maintien d'un certain niveau de dépense requiert un maintien à terme du revenu supportant cette dépense. La durabilité économique est obtenue lorsqu'un niveau minimum de bien-être économique peut être maintenu à terme (Penot 2006, cité par Bar, 2011).

### **V.1. Fermes de la Vallée du Sud Est**

#### **V.1.1. Comparaison des exploitations du type C**

##### **V.1.1.1. Viabilité économique de l'exploitation**

Le résultat d'exploitation calculé (= la somme des marges nettes avant autoconsommation) représente la valeur totale de la production et permet de comparer les résultats entre plusieurs exploitations agricoles dans les mêmes conditions (avant autoconsommation). Le résultat (Figure 16) suit la même tendance que la marge brute (cf. annexe 12, tableau 1). En effet, les charges de structure sont faibles et stables sur dix ans (245 kAr/an de main d'œuvre permanente) et les frais financiers sont nuls.

L'exploitation de type C dans cette zone possède 1,5 ha de rizière irriguée ce qui lui permet d'assurer un niveau de revenu considéré localement comme élevé tous les ans dans les deux systèmes SCV et SCI. Toutefois, on note qu'en système SCI le résultat d'exploitation varie en fonction de l'assolement sur les surfaces exondées : les marges brutes du riz pluvial et du maïs sont différentes à niveau de rendement égal car le maïs est toujours vendu moins cher que le riz (400 Ar/kg contre 550 Ar/kg). Ces variations sont toutefois à relativiser car la variation maximum de résultat n'est que de 1,5%. En système SCV le résultat s'améliore tous les ans. En effet les rendements augmentent en fonction de l'ancienneté du système de 3% par an pour le riz et de 4%

pour le maïs dans la zone sud-est (cf. Chapitre III, III, 2., tableau 8). Les charges diminuent la première année (arrêt du labour) puis restent stables jusqu'en année 10 (hypothèse de modélisation). Les prix de vente sont considérés comme stables sur 10 ans. Les variations liées à l'assolement existent comme en système SCI mais sont lissées par l'augmentation des rendements sur les surfaces exondées. Cependant, après dix de système SCV l'amélioration globale du résultat n'est que de 4% au total par rapport à l'année 0 (Figure 16). En année 10, le résultat en système SCV est supérieur de 5% à celui du SCI. Pour cette exploitation le résultat est égal au revenu total net car il n'y a pas de *off-farm*.

On peut alors émettre l'hypothèse que les systèmes SCV offrent une meilleure régularité des productions et donc du revenu directement liée à l'augmentation progressive des rendements en fonction de l'ancienneté du système.

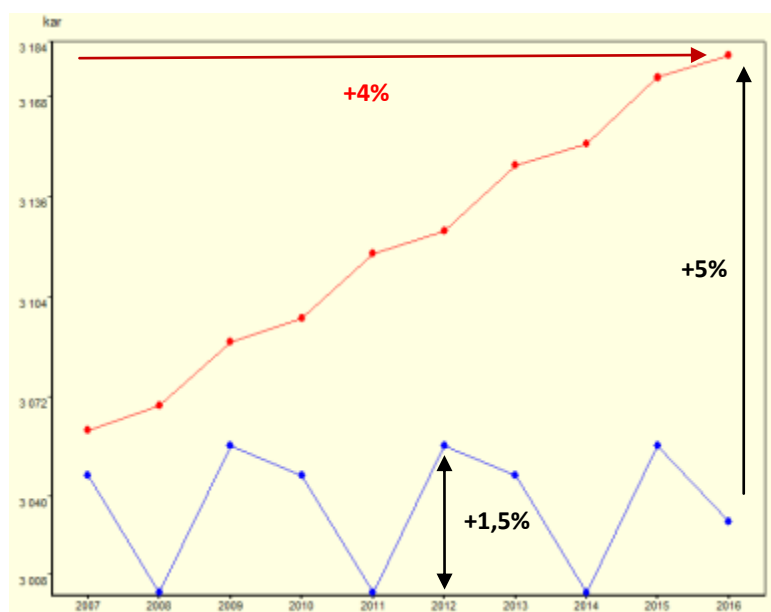


Figure 16 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type C pour la zone VSE

Le solde de trésorerie (Figure 17) chute de 5% en année 4 par rapport à l'année 3 dans le système SCI. Ceci est lié aux charges de mise en place de la culture d'arachide, plus importantes que sur le maïs ou riz pluvial, combiné à la récolte de maïs moins rentable que le riz pluvial. En année 5, le riz pluvial est absent de la sole. La trésorerie plonge (-8% par rapport à l'année 3) malgré une récolte d'arachide et de maïs. En effet, la marge apportée par ces deux cultures ne permet pas d'améliorer la trésorerie d'une part. D'autre part, les charges liées à la mise en place de la culture d'arachide font chuter encore plus le solde (l'arachide est présente deux années successives ; 5 et 6 dans la sole). En année 6, le solde augmente à nouveau grâce aux récoltes des deux cultures les plus rentables ; riz pluvial et arachide. En système SCV la trésorerie chute de 4 % en année 4 par rapport à l'année 3 car la sole sur surfaces exondées est composée pour moitié de riz pluvial et pour moitié de maïs (les années précédente le ratio était 2/3 riz 1/3 de maïs). A partir de l'année 5 les variations liées à l'assolement sont compensées par la hausse progressive des rendements en riz et maïs chaque année. Il faut bien noter que l'absence de la culture d'arachide dans l'assolement en système SCV évite l'effet « yoyo » observé en système SCI.

Ces variations du solde de trésorerie sont toutefois à nuancer ; aucune variation n'est supérieure à 10 % entre les années, que ce soit en système SCV ou SCI.

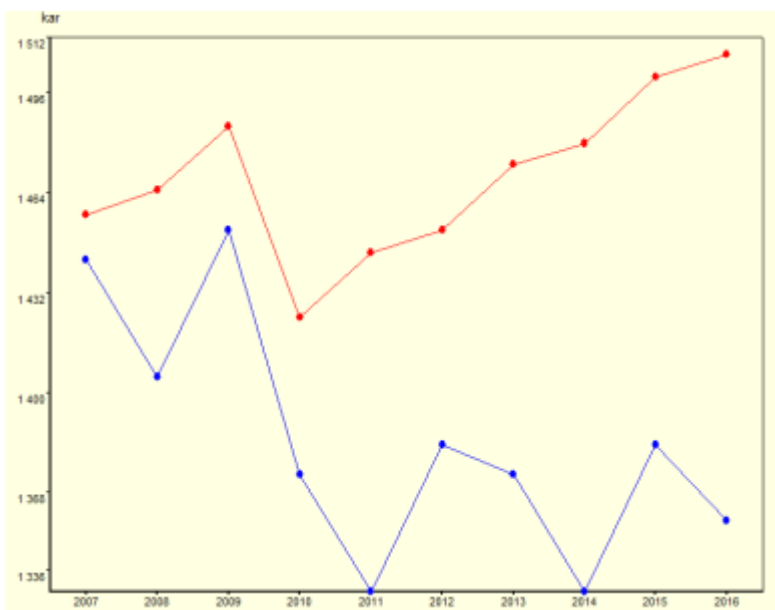


Figure 17 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type C pour la zone VSE

Le solde cumulé montre qu'après 10 ans de SCV, l'amélioration du système n'est que de 6% (Figure 18) par rapport au système en SCI. Cette amélioration est directement liée à l'augmentation des rendements du riz pluvial et du maïs en SCV sur les surfaces exondées, puisque les rendements en RI sont équivalents dans les deux systèmes.

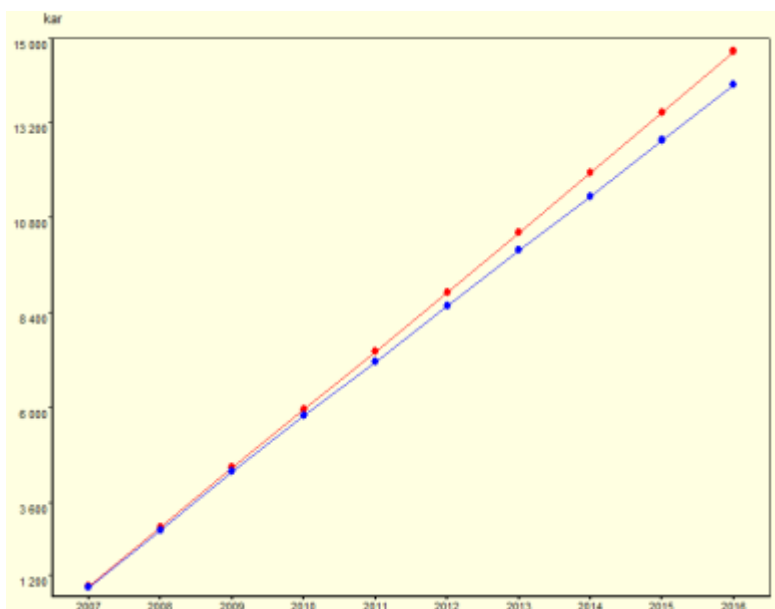


Figure 18 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C

En conclusion, la différence de solde cumulé sur 10 ans entre les systèmes SCV et SCI n'est pas significative (<15% compte tenu des imprécisions de la modélisation en général). De plus, en système SCV la rotation sur sols exondés est biennale : riz // maïs tandis qu'en SCI la rotation est triennale riz // maïs // arachide. La diversification des productions peut être un atout notamment

avec l'arachide qui est une culture mieux valorisée que le riz ou le maïs, en cas d'accident climatique ou sanitaire, ou encore d'aléas sur les prix des productions agricole. La ferme de type C possède la trésorerie nécessaire (grâce au revenu généré par la rizière irriguée) à l'investissement en système SCV (coût supplémentaire d'achat des semences de la plante de couverture, temps de semis, coût des herbicides etc.) sur sol exondés mais n'a pas vraiment d'intérêt à adopter les techniques SCV.

### V.1.1.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
M1301_Modèle SCV_VSE_11	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
M1301_Modèle Innov_VSE_1' 11	13	14	14	13	14	14	13	14	14	14
Retour sur investissement										
M1301_Modèle SCV_VSE_11	674	675	680	681	687	687	693	693	699	700
M1301_Modèle Innov_VSE_1' 11	704	675	676	704	675	676	704	675	676	678

Figure 19 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone VSE

Les ratios d'intensification stagnent autour de 13 % pour les deux systèmes ce qui est très faible et montre effectivement une part très limitée des intrants (principalement herbicides et engrais) dans le coût de production. L'essentiel du coût de production est en effet lié à la main d'œuvre extérieure. Dans les deux cas, la prise de risque pour la conduite du système est faible (<50%). En effet, lorsque les charges opérationnelles nécessaires à la production d'un système atteignent 50 % de la marge brute, il est dangereux de produire. Si la récolte est divisée par 2, la conduite du système n'aura rien rapporté, les recettes auront compensé les charges. Si la récolte est inférieure à 50% de la récolte normale alors la conduite du système aura fait perdre de l'argent à l'agriculteur.

Le retour sur investissement atteint les 700 % en système SCV et 678 % en système SCI en année 10. La valeur élevée de ce ratio est due aux très faibles charges en proportion de la marge brute pour les différents systèmes de culture (<500 000 Ar/an soit environ 16 % de la marge brute par an) sur les deux systèmes.

En conclusion, l'exploitation de type C dans la zone VSE est viable économiquement grâce au revenu régulier et élevé généré par la rizière irriguée. L'introduction des systèmes SCV dans l'exploitation n'a que peu d'effet sur revenu.

## V.1.2.Comparaison des exploitations du type D

### V.1.2.1.Viabilité économique de l'exploitation

L'exploitation de type D possède 1,5 ha de RMME conduite en système SCV dont la production est considérée comme stable (situation assez rare dans la région ; on estime au maximum 10 % des parcelles RMME encadrées par le projet en SCV). En revanche, en SCI on applique un aléa sur le rendement de riz en RMME selon la séquence suivante : une bonne année 2200 kg/ha, un année moyenne 1300 kg/ha, une très bonne année 3000 kg/ha, une année moyenne 1300 kg/ha et une année catastrophique 0 kg/ha.

On observe une légère hausse de 3% du résultat en SCV (Figure 20) entre l'année 0 et l'année 1 qui s'explique par l'arrêt du labour sur RMME (le labour est assurée par de la main-d'œuvre salariale) combiné à la baisse des recettes due à la sole (moins de riz et plus de maïs) . Entre l'année 1 et 10 en système SCV l'amélioration du résultat n'est que de 6% au total. Cette amélioration est directement liée à l'augmentation des rendements du riz pluvial et du maïs en SCV sur les surfaces exondées, puisque le rendement en système SCV sur RMME est considéré comme stable. Cette augmentation n'est cependant pas significative sur 10 ans.

Le système SCI subit de fortes variations de rendement sur RMME ce qui explique la variabilité du résultat. On note alors que les différences de résultat d'exploitation entre les deux systèmes sont essentiellement dues à la variabilité des rendements sur RMME en système SCI.

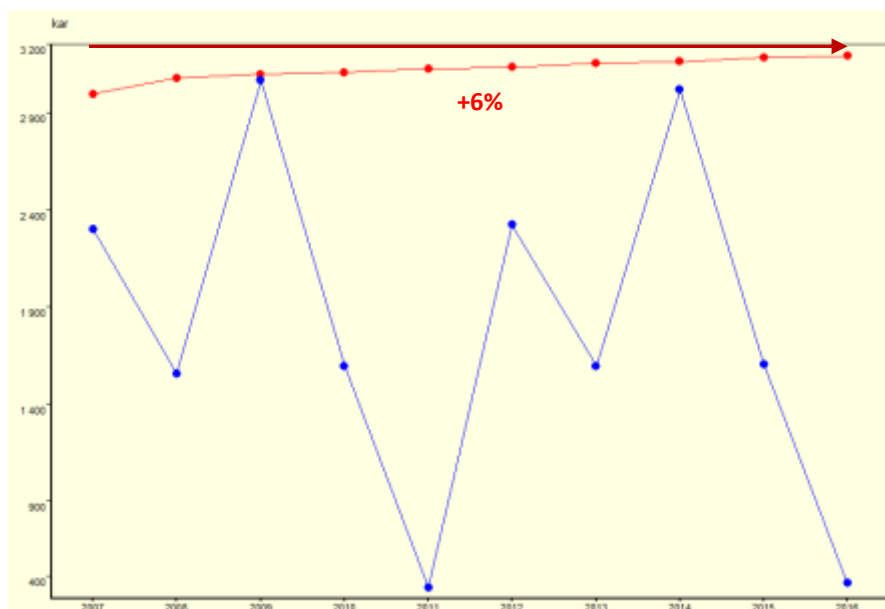


Figure 20 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type D pour la zone VSE

Les années où le rendement de la RMME est nul l'agriculteur ne pourra pas couvrir ses besoins en riz et devra donc en acheter ce qui contribuera à faire chuter la trésorerie (Figure 21). Les années moyennes il couvre tout juste ses besoins en riz mais la vente des autres productions ne suffit pas couvrir les charges de la mise en place des cultures pour la campagne suivante. L'exploitant a donc un problème de trésorerie et ce malgré un revenu *off-farm* de 400 kAr/an.



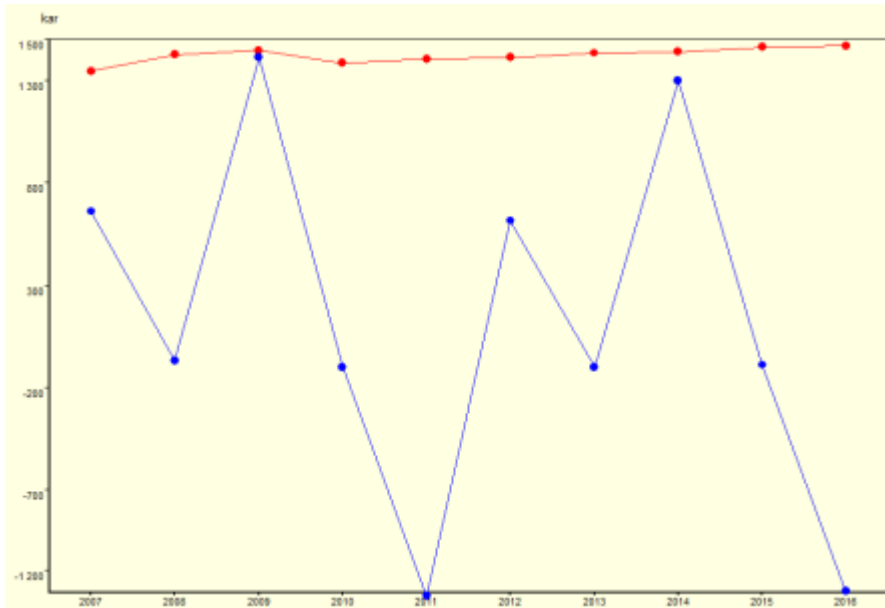


Figure 21 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D

La différence de solde cumulé (Figure 22) entre les systèmes SCV et SCI est flagrante après dix ans, le solde cumulé en système SCV est supérieur de 92%. Toutefois cette différence est essentiellement due à l'hypothèse de stabilité des rendements sur RMME en SCV et à la variabilité de ceux-ci en SCI. Au vu de ce résultat très significatif on peut alors se demander pourquoi les RMME sont si rarement conduites en système SCV. On peut alors émettre l'hypothèse que le système SCV n'est pas aussi résilient face aux aléas climatiques dans la réalité.

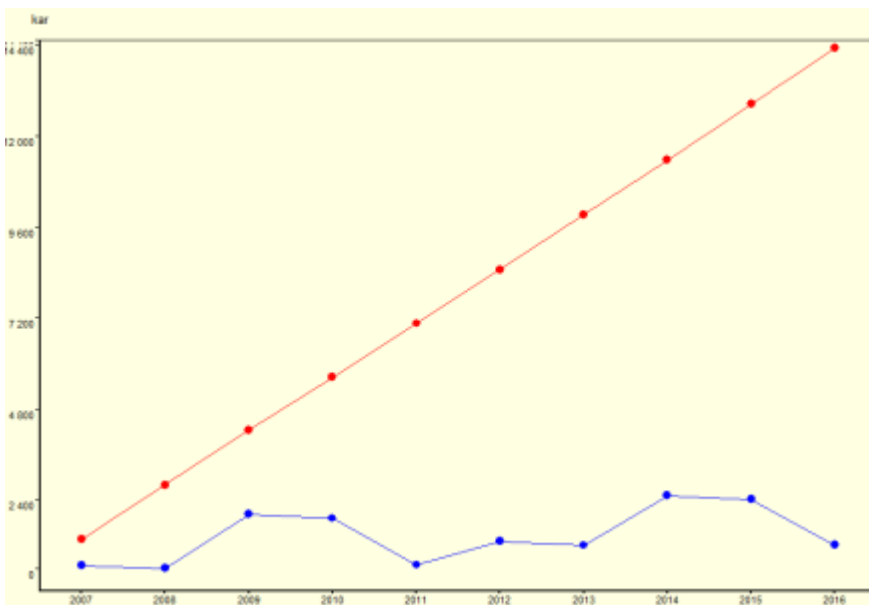


Figure 22 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D

Les RMME conduites en système non SCV ne permettent pas à l'agriculteur de capitaliser au vu de la variabilité interannuelle. En système SCV, la capitalisation s'explique par l'augmentation des rendements sur les surfaces exondées puisque les rendements sur RMME sont considérés stables.

### V.1.2.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
Modele type D SCV VSE 11	13	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Modele type D Innov VSE 11	9	14	8	13	36	10	13	8	14	35
Retour sur investissement										
Modele type D SCV VSE 11	696	1 169	1 179	1 179	1 190	1 190	1 200	1 201	1 211	1 214
Modele type D Innov VSE 11	955	614	1 175	663	182	891	663	1 187	617	190

Figure 23 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type D dans la zone VSE

Le ratio d'intensification en système SCV stagne à 8%, la prise de risque pour la conduite globale du système est très faible. En revanche, en système SCI le ratio varie fortement suivant les aléas climatiques. Une très mauvaise année (années 5 et 10) le ratio indique un risque modéré de conduire le système (>30%). Ce risque est fortement influé par le caractère aléatoire de la production de riz sur RMME. Le retour sur investissement suit ces variations en système SCI. Cependant, même en années 5 et 10 il est rentable de produire en système SCI.

En conclusion, l'exploitation de type D en système SCI est viable même si son solde de trésorerie est négatif les années moyennes à mauvaise. Sur 10 ans son solde cumulé augmente de 55% au total. Les systèmes SCV permettent à ce type d'exploitation de non seulement sécuriser le revenu en assurant une production de riz sur RMME plus régulière, et d'améliorer les productions pluviales.

### V.1.3. Comparaison des exploitations du type E

#### V.1.3.1. Viabilité économique de l'exploitation

L'exploitation de type E possède 1 ha de RMME conduite en système SCV. Comme précédemment la production de la RMME est considérée comme stable en système SCV alors qu'en SCI on applique un aléa sur le rendement de riz selon la même séquence que précédemment.

Le résultat (Figure 24) augmente de 3% au total sur 10 ans en système SCV. On observe les mêmes variations que ce soit en système SCV ou SCI que précédemment. Cependant, le résultat dans les deux systèmes part d'une base en année 0 d'environ 500 kAr de moins qu'en type D.

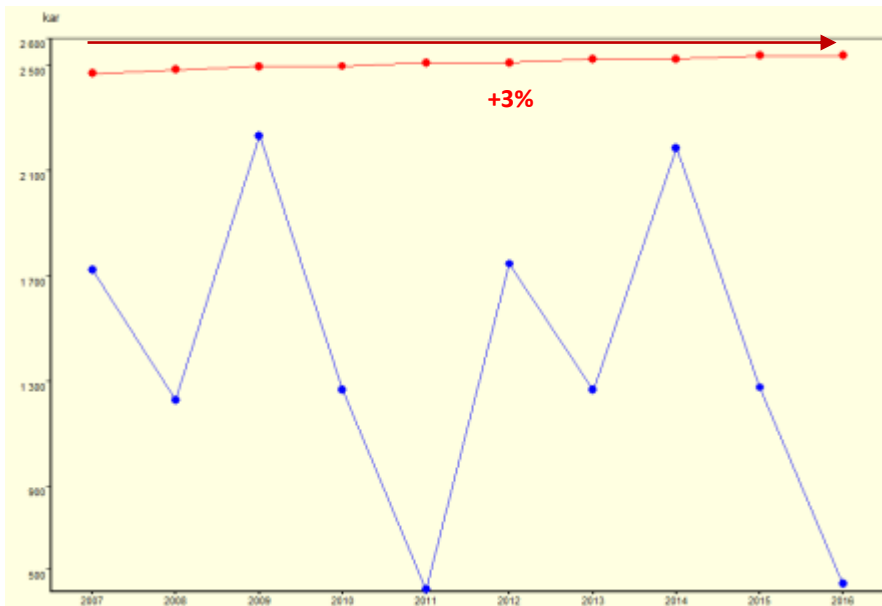


Figure 24 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type E pour la zone VSE

L'exploitation n'est pas autosuffisante en riz les années où le rendement de la RMME est moyen (1300 kg/ha) ou nul. Une partie de la production de riz est utilisée comme liquidité pour couvrir les besoins du ménage et de fonctionnement de l'exploitation. Le solde (Figure 25) est négatif pour ces années. L'agriculteur rachète donc du riz systématiquement ce qui contribue à faire chuter davantage le solde de trésorerie. L'exploitation a pourtant un revenu *off-farm* de 400 kAr/an.

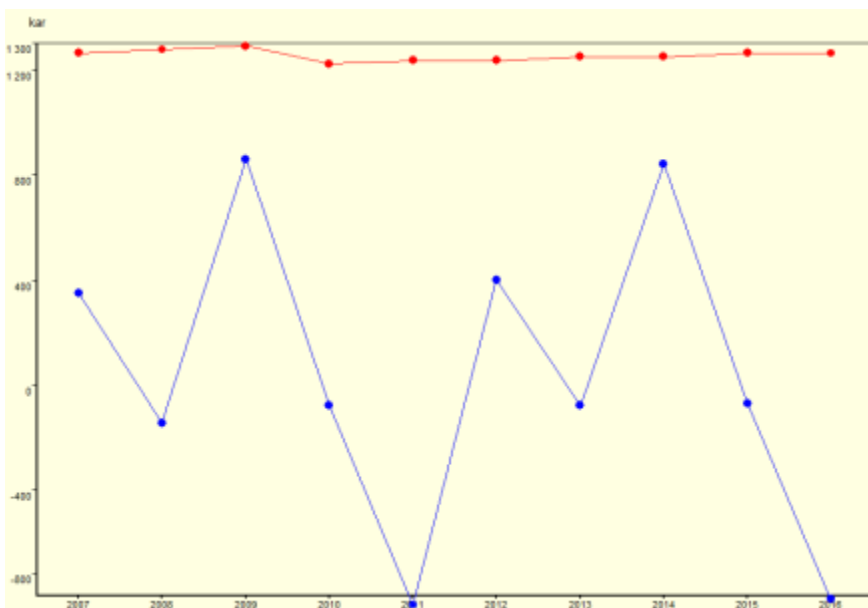


Figure 25 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E

Le solde cumulé (Figure 26) sur 10 ans en système SCV est supérieur de 97 % au solde cumulé en SCI. Comme pour le cas précédent, cette différence est directement liée à la stabilité des rendements sur RMME en SCV et à la variabilité de ceux-ci en SCI.

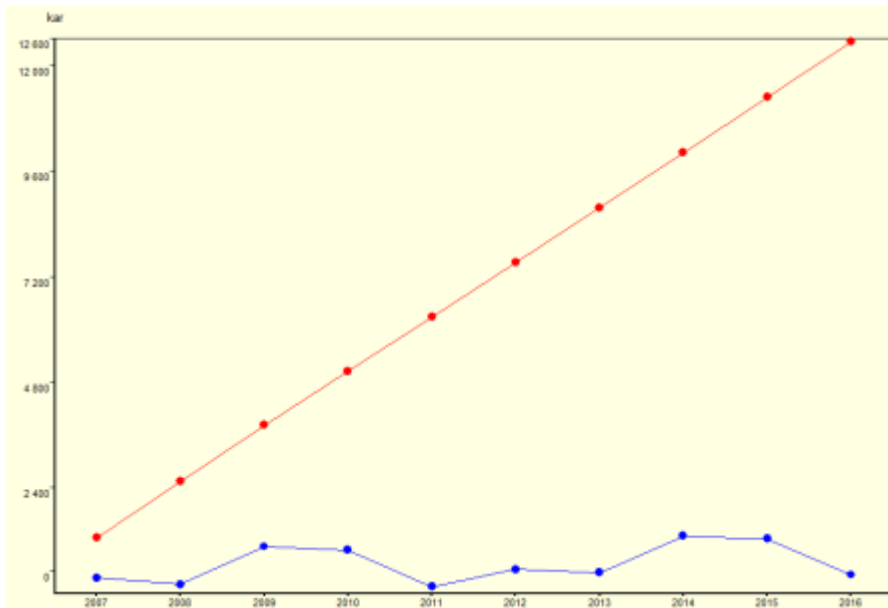


Figure 26 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E

En conclusion, l'exploitation de type E en SCI est viable en théorie (augmentation du solde cumulé de 48% après 10 ans). Cependant, dans la réalité au vu de la trésorerie négative 6 années sur 10, l'exploitant serait obligé de contracter des emprunts pour subvenir aux besoins du ménage et du fonctionnement de l'exploitation. L'exploitation n'est pas réellement viable. Les systèmes SCV permettent à une exploitation de type E de sécuriser le revenu en assurant une production de riz sur RMME plus régulière d'une part, et d'autre part d'améliorer significativement les productions pluviales.

### V.1.3.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
Modele type E SCV VSE 11 1	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Modele type E Innov VSE 11 21	9	13	8	12	25	10	12	8	13	24
Retour sur investissement										
Modele type E SCV VSE 11 1	955	1 182	1 191	1 189	1 198	1 195	1 205	1 202	1 212	1 212
Modele type E Innov VSE 11 21	923	621	1 067	689	276	842	689	1 079	625	285

Figure 27 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type E dans la zone VSE

Le ratio d'intensification en système SCV reste stable à 8%. En système SCI il augmente les années moyennes à mauvaises. L'exploitant ne prend cependant pas de risque à conduire son système RMME même les mauvaises années en SCI. Le retour sur investissement en SCI est meilleur de 34% pour une mauvaise année par rapport au type d'exploitation D. Ceci est dû à plus faible intensification des systèmes par rapport au type d'exploitation D (ratio d'intensification de 25% en type E contre 36 % en type D en année 5 en SCI). Le type E possède une surface en RMME plus

faible que le type D, l'influence au niveau global de l'exploitation de l'augmentation du ratio d'intensification sur RMME est donc moindre par rapport au type d'exploitation D.

#### V.1.4. Conclusion sur l'exploitation de la zone sud-est

On note que les systèmes SCV ont un impact économique global moindre sur les exploitations du type C, du fait de leur faible proportion sur le revenu par rapport au revenu généré par la rizière irriguée. La production de riz est un facteur déterminant dans le revenu des exploitations. Pour les fermes du type D et E qui possèdent de la RMME, les aléas appliqués sur la production de riz impactent lourdement sur le solde de trésorerie après chaque mauvaise récolte. Il faudrait plusieurs années de rendements élevés pour permettre au paysan de rembourser ses dettes et gagner à nouveau de l'argent.

Ces résultats montrent que les exploitations du type C ont un solde de trésorerie assez élevé (grâce à la stabilité des rendements sur rizière irriguée) leur permettant de prendre le risque d'investir dans les systèmes SCV sur les surfaces exondées. Toutefois, l'adoption de systèmes SCV n'a qu'un effet moindre sur leur revenu total. Les liquidités en système SCV proviennent en effet de la vente de riz produit sur rizière irriguée (73 % après autoconsommation de riz soit 7% de la production de la rizière irriguée).

Pour les types D et E l'augmentation de revenu total sur 10 ans apporté par l'adoption des techniques SCV est significative par rapport aux autres systèmes. Les systèmes SCV sécurisent le revenu. Cependant, ces types d'exploitations n'ont pas un solde de trésorerie suffisamment élevé et stable leur permettant d'investir de façon conséquente sur les surfaces exondées. En effet, les exploitations de type D et E possèdent peu de surfaces cultivables et leur trésorerie est fortement influencée par la variabilité des rendements sur RMME. Pour le type d'exploitation D, les liquidités en système SCV sont apportées majoritairement par la vente de riz produit RMME (64 % après autoconsommation). Pour le type d'exploitation E, la surface en RMME étant plus faible, seulement 46% des liquidités proviennent de la vente de riz sur RMME, 33% proviennent des cultures pluviales et 21% proviennent du revenu *off-farm*. En système innovant, afin d'intensifier les systèmes de cultures pour améliorer la trésorerie, l'exploitant doit avoir recours au crédit dans un premier temps afin de modifier son système de culture en système SCV.

Toutefois il faut nuancer ces résultats par le fait que nous n'avons pas appliqué d'aléas sur les rendements sur RMME en SCV. Les données de suivi des parcelles RMME par BRL ne montrent pas de variations de rendement en fonction des aléas, mais cela ne prouve pas qu'elles n'existent pas. En effet, les bases de données traitées par l'opérateur n'incluent pas les rendements extrêmes et notamment les rendements nuls, ce qui tend à lisser les résultats de rendement. Cette hypothèse de stabilité des rendements en système SCV sur RMME doit être confirmée ou infirmée afin de quantifier précisément l'impact des systèmes SCV des cultures pluviales sur le revenu.

## V.2. Fermes de la zone nord est

### V.2.1. Comparaison des exploitations du type C

#### V.2.1.1. Viabilité économique de l'exploitation

L'exploitation de type C dans la zone nord-est possède 1,5 ha de rizière irriguée et 0,8 ha de RMME sur laquelle il réalise deux récoltes de riz par an : une culture de riz de saison, et une culture de riz de décrue. La RMME n'est pas menée en système SCV elle subit donc les mêmes aléas de rendements dans les trois systèmes SCV, SCI et conventionnel.

Après 10 ans, le résultat d'exploitation (Figure 28) est plus élevé en système SCV de 6 % par rapport au SCI, et de 9% par rapport au système conventionnel. Ceci s'explique par la légère augmentation des rendements en système SCV sur les cultures de riz pluvial et de maïs.

Le résultat des systèmes SCI et conventionnel est très proche ; on observe une différence de 3% après 10 ans. La différence s'explique par la diversité de cultures en SCI (maïs, riz, arachide) tandis qu'en système conventionnel la seule production sur sols exondés est le maïs. En conclusion, pour une exploitation du type C, l'amélioration du résultat d'exploitation n'est pas significative après de 10 ans. Le résultat n'est que peu influencé par les productions des cultures pluviales. Il résulte surtout des productions de riz sur rizière irriguée et RMME.

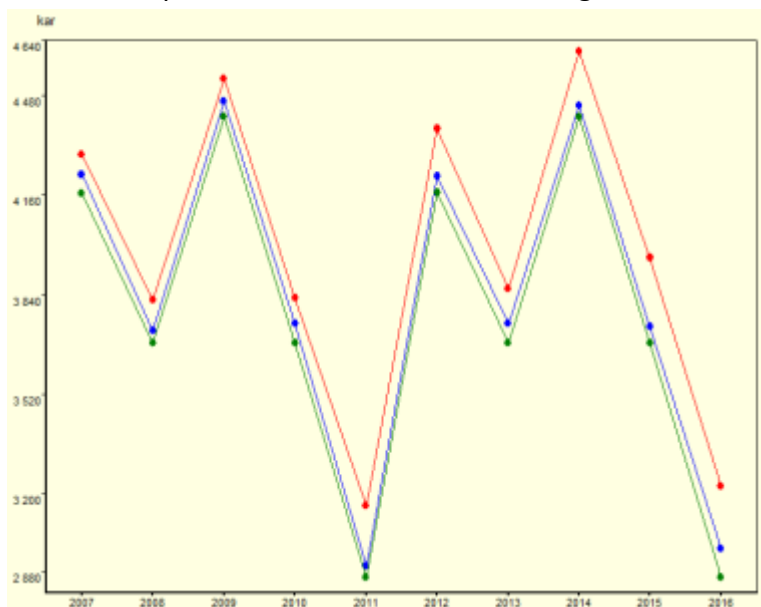


Figure 28 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C

Le solde de trésorerie (Figure 29) suit les mêmes variations que le résultat d'exploitation. Le revenu *off-farm* et les dépenses de la famille sont équivalents et stables sur 10 ans. Le solde est donc influencé tout comme le résultat par les variations de rendement du riz de saison sur RMME.

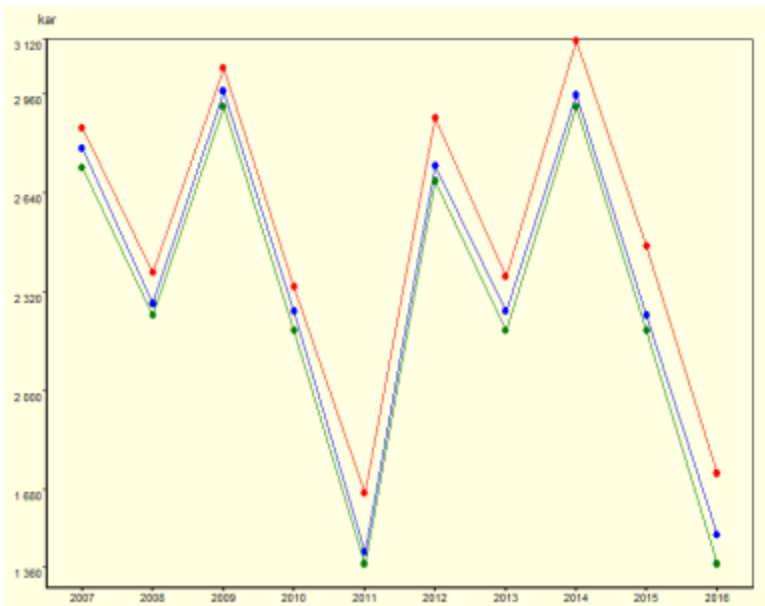


Figure 29 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C

Le solde cumulé sur 10 ans (Figure 30) en système SCV est supérieur de 5 % par rapport au SCI et de 8 % par rapport au système conventionnel.

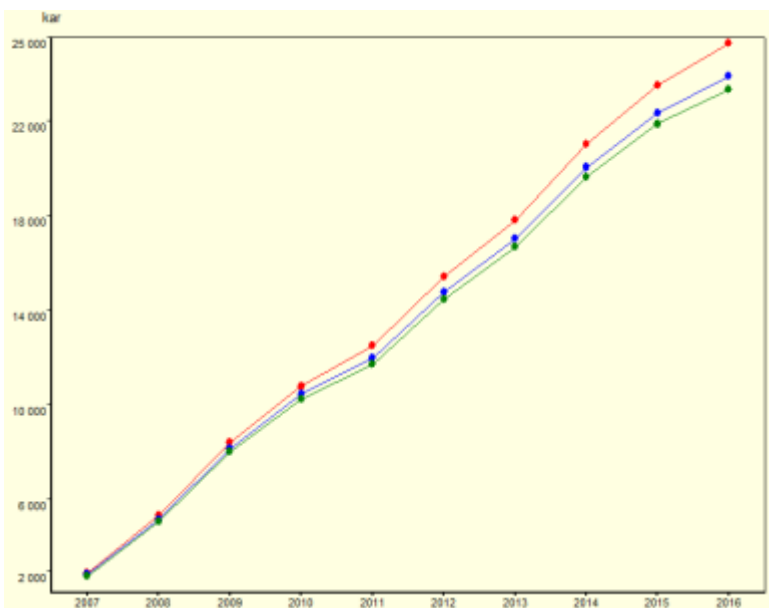


Figure 30 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C

## V.2.1.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
M704_Modele SCV type C_11	21	23	20	24	28	20	23	20	23	28
M704_Modele Innov Type C_1 11	21	24	20	24	30	21	24	20	24	30
M704_Modele Conv Type C_1 111	22	25	21	25	31	22	25	21	25	31
Retour sur investissement										
M704_Modele SCV type C_11	474	426	502	418	351	487	428	504	438	357
M704_Modele Innov Type C_1 11	464	410	491	412	328	465	412	490	412	333
M704_Modele Conv Type C_1 111	457	405	484	405	323	457	405	484	405	323

Figure 31 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone ZNE

Le ratio d'intensification avoisine les 30 % en année 5 et 10 pour les 3 systèmes. Le plus élevé étant en système conventionnel et le plus faible en système SCV. Aucun des systèmes ne présente de risque important pour l'exploitant. On note que ce ratio est deux fois plus élevé en moyenne que dans la zone sud-est. Cela s'explique par les cultures de contre-saison présentes sur RMME et *baiboho* ce qui augmente le niveau d'intensification du système. En conséquence le retour sur investissement est quasiment équivalent dans les 3 systèmes, bien que légèrement supérieur en système SCV.

En conclusion les systèmes SCV ont un impact sur le revenu réel peu significatif sur 10 ans par rapport aux systèmes conventionnel et SCI sur une exploitation de type C, du fait du revenu élevé et stable généré par la rizière irriguée. Les exploitations de ce type sont viables et n'ont pas d'intérêt significatif à adopter les systèmes SCV.

## V.2.2. Comparaison des exploitations du type D

### V.2.2.1. Viabilité économique de l'exploitation

L'exploitation de type D possède 1 ha de RMME et les surfaces exondées sont égales au type C. Comme pour le type précédent la RMME n'est pas menée en système SCV elle subit donc les mêmes aléas de rendement dans les trois systèmes SCV, SCI et conventionnel.

La différence sur le résultat d'exploitation (Figure 32) entre le système SCV, SCI et conventionnel est donc uniquement liée à l'effet des techniques pratiquées sur les surfaces exondées. Après 10 ans de SCV l'amélioration du résultat d'exploitation est de 16% par rapport au système SCI et de 19% par rapport au système conventionnel. Cela s'explique par l'augmentation de rendement en système SCV sur le riz pluvial et le maïs tandis qu'en SCI et système conventionnel les rendements sont stables (excepté sur *tanety* où est simulé un accident climatique tous les 5 ans). Cette augmentation est plus significative que pour le type précédent du fait de la plus faible proportion



de rizières sur la SAU. Les systèmes SCV permettent surtout de sécuriser le revenu face aux aléas climatiques.

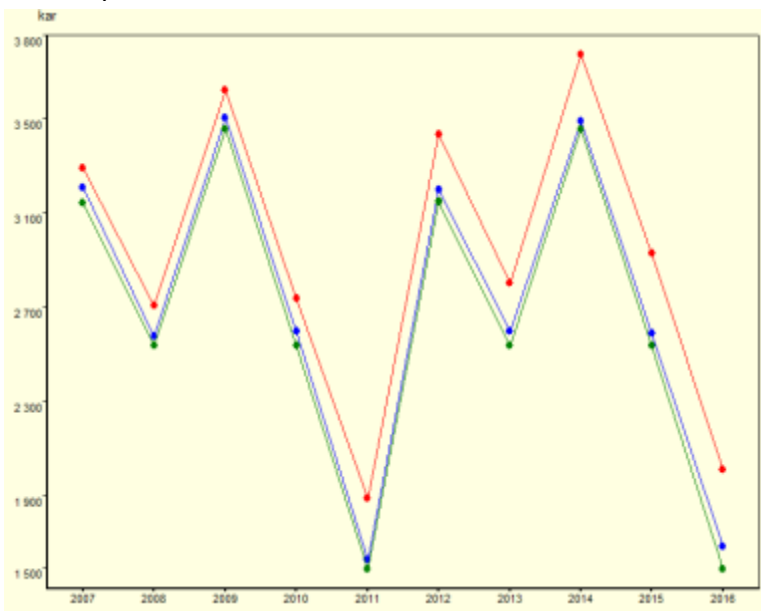


Figure 32 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D

Comme précédemment le solde de trésorerie (Figure 33) suit les mêmes variations que le résultat d'exploitation.



Figure 33 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D

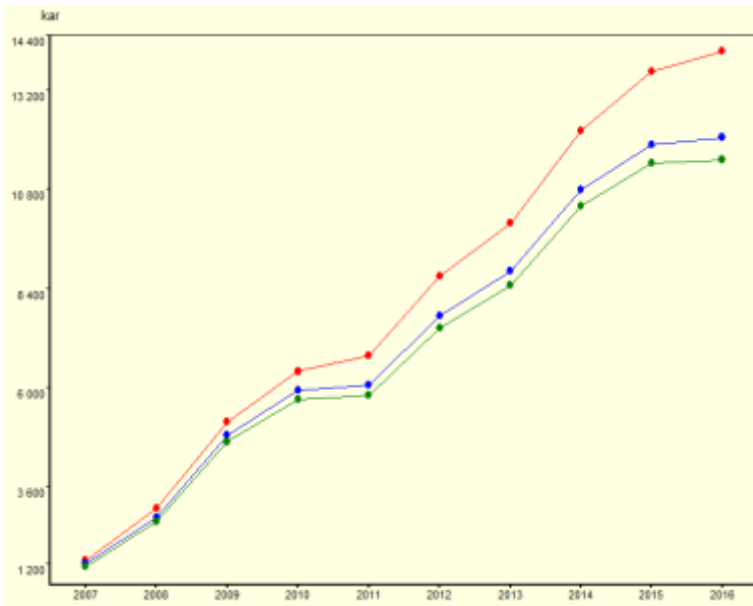


Figure 34 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D

Le solde cumulé sur 10 ans (Figure 34) en système SCV est 15 % plus élevé qu'en système SCI et 18 % plus élevé qu'en système conventionnel. Les systèmes SCV augmentent donc significativement le revenu réel sur 10 ans pour une exploitation de type D.

#### V.2.2.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
Modele type D_SCV_ZNE_11   2	24	28	21	29	41	22	28	21	26	38
Modele type D_Innov_ZNE_11   21	25	31	23	31	48	25	31	23	31	47
Modele type D_Conv_ZNE_11   211	26	32	23	32	50	26	32	23	32	50
Retour sur investissement										
Modele type D_SCV_ZNE_11   2	419	348	462	344	242	441	359	473	374	257
Modele type D_Innov_ZNE_11   21	395	319	434	321	203	396	321	432	321	210
Modele type D_Conv_ZNE_11   211	387	313	425	313	198	388	313	425	313	198

Figure 35 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type D dans la zone ZNE

Le ratio d'intensification est inquiétant les années 5 et 10 en systèmes SCI et conventionnel. En système SCV il s'agit essentiellement de la récolte nulle sur RMME qui fait augmenter le ratio d'intensification global de l'exploitation. En systèmes SCI et conventionnel il s'agit également du système en RMME mais aussi du système de culture sur *tanety*. L'agriculteur prend alors un risque en conduisant ces cultures. En conséquence le retour sur investissement est supérieur en système SCV. Par ailleurs, en système SCV les productions sont plus importantes qu'en système conventionnel et SCI.

Pour conclure, l'exploitation de type D est viable en système SCI et conventionnel grâce aux surfaces exondées importantes. Toutefois, les systèmes SCV permettent d'assurer significativement un revenu plus élevé et plus stable.

## V.2.3.Comparaison des exploitations du type E

### V.2.3.1.Viabilité économique de l'exploitation

L'exploitation de type E possède 0,5 ha de RMME. Après 10 ans de SCV l'amélioration du résultat d'exploitation (Figure 36) est de 18% par rapport au système SCI et 23% par rapport au système conventionnel. Cette augmentation est significative du fait de la plus faible proportion de RMME sur la SAU.

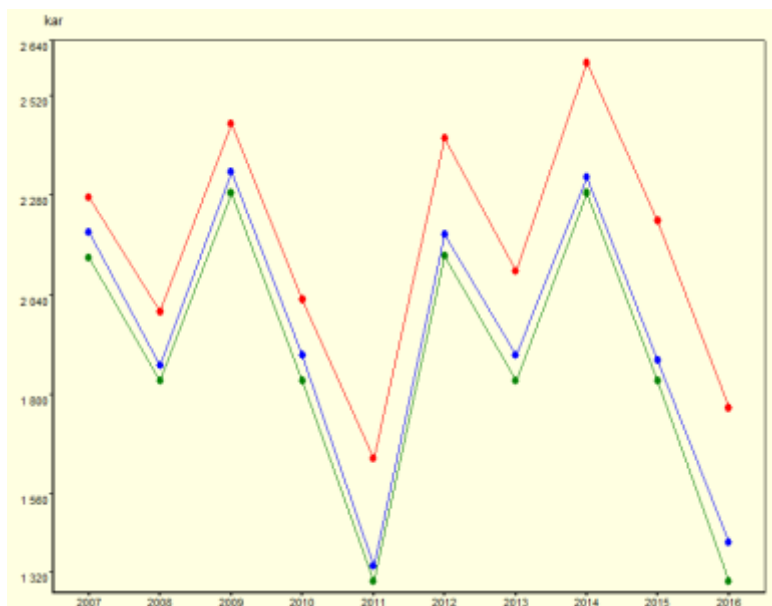


Figure 36 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E

Le solde de trésorerie (Figure 37) suit de la même façon que cas précédents le résultat d'exploitation. Le solde de trésorerie en années 5 et 10 est négatif pour les systèmes conventionnel et SCI. La récolte de riz sur RMME est nulle, l'exploitation n'est pas autosuffisante en riz. La trésorerie plonge car l'exploitant n'a pas récupéré l'investissement fait sur RMME, et doit non seulement acheter du riz pour couvrir les besoins du ménage mais aussi investir pour la mise en place des cultures pour la campagne suivante. A l'inverse en système SCV, le solde de trésorerie est positif. Les systèmes SCV sécurisent donc le solde les années où la récolte est nulle sur RMME.

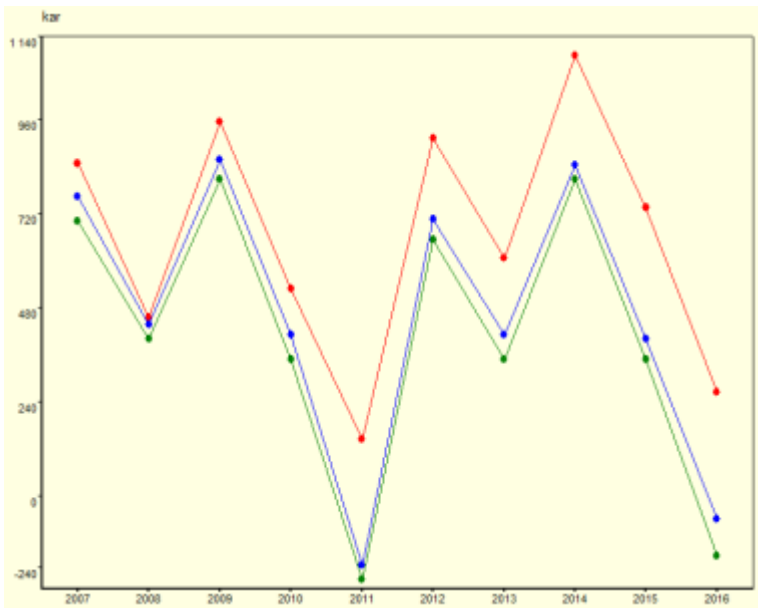


Figure 37 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E

Le solde cumulé après 10 ans (Figure 38) en système SCV est supérieur de 30 % au SCI, et de 39 % au système conventionnel. Le revenu réel de l'exploitation en type E est très significativement amélioré par les systèmes SCV.

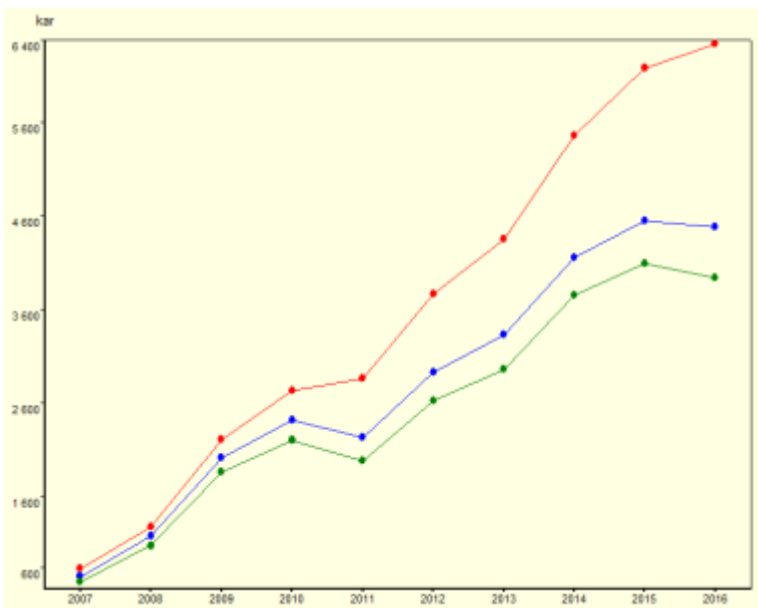


Figure 38 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E

### V.2.3.2. Performances du système de pratiques culturales à l'échelle de l'exploitation

Unité	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Ratio intensification sur MB										
Modele type E_SCV_ZNE_11 4	21	24	20	24	29	20	23	19	22	27
Modele type E_Innov_ZNE_11 I41	23	27	22	27	36	23	27	22	27	35
Modele type E_Conv_ZNE_11 411	24	28	22	28	37	24	28	22	28	37
Retour sur investissement										
Modele type E_SCV_ZNE_11 4	465	414	502	405	337	500	430	518	453	361
Modele type E_Innov_ZNE_11 I41	425	365	456	368	271	426	368	453	368	281
Modele type E_Conv_ZNE_11 411	413	356	443	356	263	414	356	443	356	263

Figure 39 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type E dans la zone ZNE

Le ratio d'intensification indique une légère prise de risque en système conventionnel et SCI pour les années 5 et 10. Ce risque est lié au système de culture sur RMME. Le retour sur investissement est plus élevé de 9% seulement en système SCV par rapport au SCI en année 5 et de 22% en année 10. En système SCV l'augmentation du retour sur investissement est liée à l'augmentation progressive des rendements en riz pluvial et maïs.

En conclusion, l'exploitation de type E en système conventionnel et SCI est viable économiquement malgré une trésorerie négative les mauvaises années. Les systèmes SCV sur les cultures pluviales sécurisent la trésorerie les mauvaises années et améliorent le revenu.

### V.2.4. Conclusion sur l'exploitation de la zone nord-est

Les systèmes SCV, comme dans la zone sud-est ont un impact économique moindre sur les exploitations du type C, du fait de leur faible proportion sur le revenu par rapport à celui généré par la rizière irriguée et la RMME. La production de riz sur ces surfaces reste un facteur déterminant dans le revenu des exploitations également comme principale source de trésorerie. Pour les exploitations du types D et E l'augmentation de revenu apporté par l'adoption des techniques SCV est plus important que pour le type C comme en zone sud-est. Les systèmes SCV contribuent à sécuriser le revenu face aux aléas climatiques surtout pour le type E qui ne possède que 0,5 ha de RMME. Ces types d'exploitations dans la zone nord-est ont un solde de trésorerie intéressant grâce à la grande proportion des surfaces exondées sur la SAU, ce qui n'est pas le cas de l'exploitation du sud-est. En définitive les techniques SCV permettent aux exploitations de type D et E de sécuriser leur revenu à condition qu'elles aient suffisamment de surfaces exondées, au moins 0,7 ha. Les exploitations de type C avec peu de surfaces exondées ont donc relativement peu à gagner à investir dans des systèmes SCV sur les cultures pluviales comparativement au revenu généré par leurs rizières. Ce sont pourtant les exploitations dont le solde positif permet l'autofinancement du changement technique et donc de prendre éventuellement un certain niveau de risque en investissant sur les surfaces exondées.

### V.3. Evaluation de la performance des systèmes de cultures à l'échelle de la parcelle

Le constat de l'analyse précédente a montré que l'impact de l'introduction des SCV, sur le revenu n'est pas significatif, dans une exploitation où le revenu est principalement généré par la rizière irriguée. Les SCV ont-ils alors un impact économique significatif au niveau de la parcelle ?

Dans cette partie on modélise à l'échelle de la parcelle les différentes pratiques culturales SCI, SCV et conventionnelles en s'affranchissant des données globales d'exploitation afin d'évaluer les performances pures des systèmes. Les indicateurs permettant d'évaluer la performance d'un système de culture sont la marge brute/ha et la valorisation de la journée de travail. En effet, la VJT calculée à l'échelle de l'exploitation est faussée par le fait que pendant une large période de l'année la main d'œuvre active agricole est largement inemployée. Il est plus intéressant de comparer la VJT par système de culture à l'hectare.

#### V.3.1. Système de culture sur *baiboho*

##### V.3.1.1. Comparaison de la valorisation de la journée de travail du système riz pluvial – CS sur *baiboho* en système SCV et SCI.

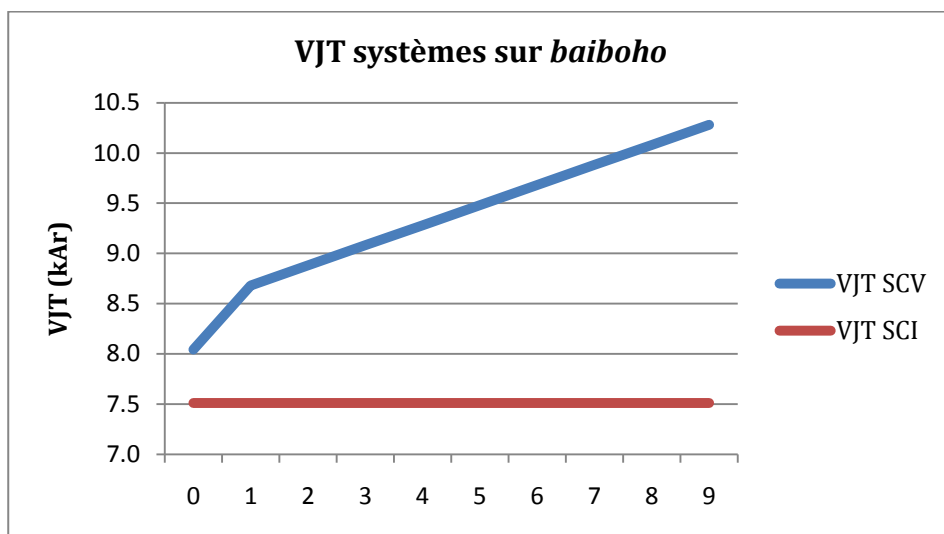


Figure 40 : VJT du système riz pluvial - CS en systèmes SCV et SCI sur *baiboho*

La VJT en SCI stagne à 7500 Ar/jour (soit trois fois le salaire journalier agricole moyen) tandis qu'en système SCV elle augmente de 700 Ar entre l'année 0 et l'année 1 puis augmente progressivement d'environ 200 Ar/an, soit 22% d'augmentation au total sur 10 ans. L'augmentation entre l'année 0 et la première année de SCV s'explique par l'arrêt du labour. L'augmentation à partir de l'année 1 est due à la légère augmentation du rendement de riz pluvial chaque année. Dans la réalité, le temps de sarclage diminue légèrement à mesure que le système SCV se stabilise. Mais cette réduction de temps de travail est d'une part peu significative, et d'autre part difficilement modélisable. On peut émettre l'hypothèse que le *mulch* est globalement plus efficace contre les adventices. Cette technique ne permet pas de diminuer significativement le temps de travail mais

améliore la qualité de contrôle des adventices, et permet donc indirectement de stabiliser le rendement.

### V.3.1.2. Comparaison de la marge brute du système riz pluvial – CS sur *baiboho* en système SCV et SCI.

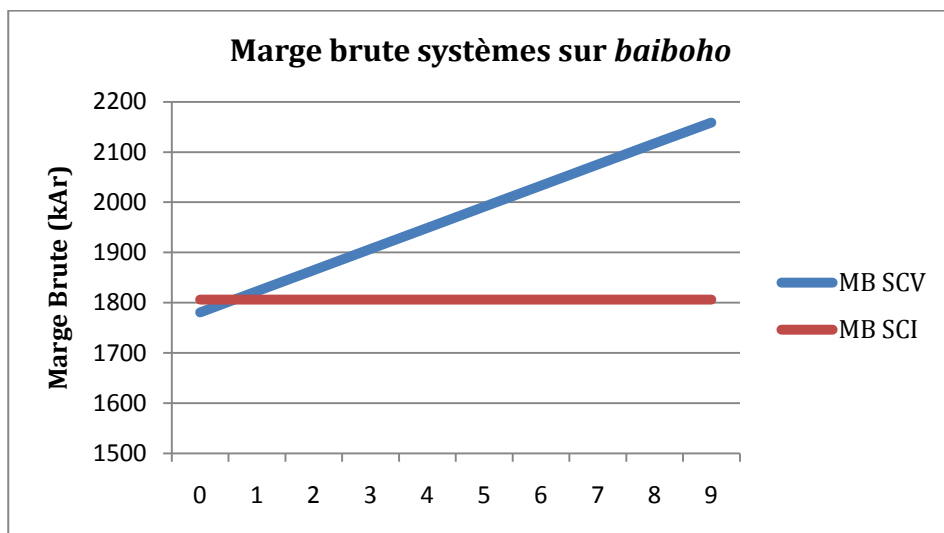


Figure 41 : Marge brute du système riz pluvial - CS en systèmes SCV et SCI sur *baiboho*

La marge brute du système SCV augmente de 16 % au total sur 10. Les charges opérationnelles sont stables tandis que le rendement de riz pluvial augmente de 3% par an. En système SCI la marge brute stagne à 1800 kAr par an, du fait de la stabilité des rendements de riz et de la culture de contre saison et des charges opérationnelles, les prix de vente étant modélisés stables et « moyens ». On note qu'en année 0, la marge brute en système SCV est inférieure de 1,4% au système SCI. Cela s'explique par des charges plus importantes liées à la plante de couverture (vesce) en saison (semences et temps de semis). Les autres charges sont équivalentes dans les deux systèmes (semis, sarclage et récolte du riz, paillage, semis, sarclages et récolte de la CS) En conclusion, sous l'hypothèse de stagnation des rendements en SCI, après 10 ans, le système SCV améliore significativement la marge brute de 16 % par rapport au système SCI.

### V.3.2.Système de culture sur *tanety*

#### V.3.2.1.Comparaison de la valorisation de la journée de travail des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur *tanety*

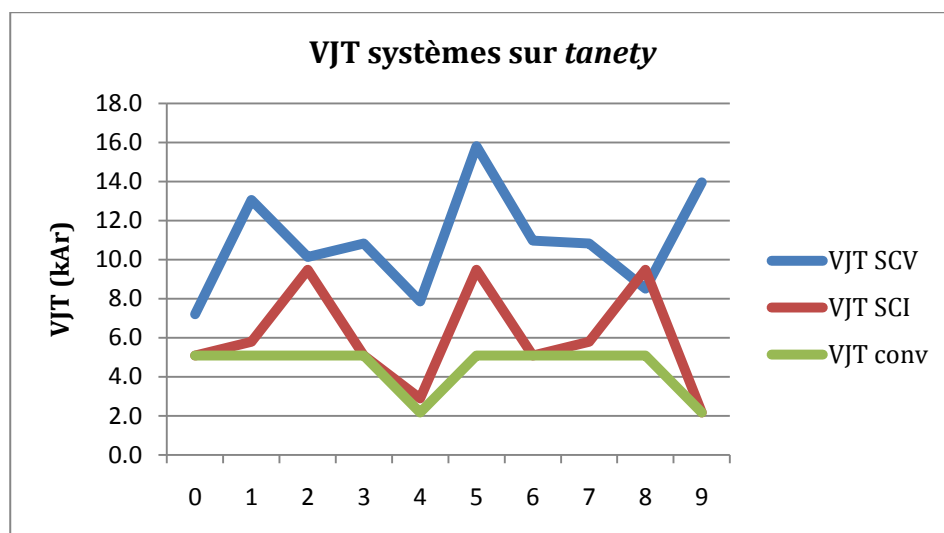


Figure 42 : VJT des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur *tanety*

La VJT en système SCI varie en suivant l'assolement culturel. On observe qu'elle augmente jusqu'en année 2 de 45% avant de chuter jusqu'en année 4 de 69%. Ceci est dû les trois premières années aux récoltes de maïs et d'arachide (bien valorisée), puis à une baisse de la récolte de maïs en année 3 suivie d'une récolte réduite de moitié sur maïs à cause d'un accident climatique en année 4 combinée aux charges de mise en place de la culture d'arachide. En année 5, la récolte d'arachide permet de revaloriser la journée de travail à la hausse (9500 Ar/jour). En système conventionnel, la monoculture de maïs permet d'obtenir une valorisation de la journée de travail légèrement plus faible (5000Ar/jour en moyenne) qu'en système SCI mais plus stable (excepté pour les années 4 et 9 où la moitié de la récolte de maïs est perdue).

En système SCV, les variations de la VJT sont liées à l'assolement. Les pics correspondent à la récolte de riz pluvial. En effet, la marge brute du riz est plus élevée qu'en maïs ou arachide. On observe la même variation qu'en système conventionnel ou SCI en année 4 et 9 ; il s'agit de la chute de la production de maïs et donc de la marge brute à cause d'un événement climatique. Toutefois on note que cette chute est moins importante qu'en système SCI (39,7%). De manière plus globale le système SCV permet de mieux valoriser la journée de travail que les systèmes conventionnel et SCI grâce à la rotation plus diversifiée d'une part, et à la hausse progressive des rendements de riz pluvial et maïs d'autre part. Au bout de 10 ans la valorisation de la journée de travail a doublé. En système conventionnel et SCI elle reste stable sur 10 ans.



V.3.2.2. Comparaison de la marge brute des systèmes maïs + dolique//riz pluvial//maïs+ dolique //arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur *tanety*.

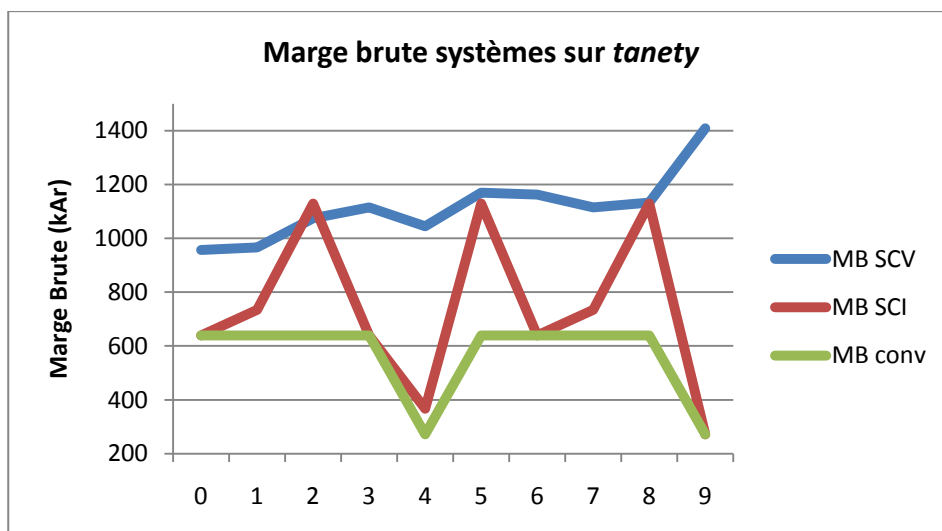


Figure 43 : Marge brute des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur *tanety*

En système SCV la marge brute augmente de 32% au total sur 10 ans. Les variations, de faibles amplitudes, sont dues à l'assolement. On note qu'en année 0 la marge brute du système SCV est plus élevée que les deux autres systèmes du fait de la valorisation de la dolique associée au maïs. En SCI et en système conventionnel la marge brute chute en années 4 et 9 à cause de la chute du rendement de 50 % sur la culture de maïs. En système conventionnel la marge brute reste stable du fait d'une monoculture de maïs sans variations de charges ni de rendement. En SCI, les variations sont dues à l'assolement.

En conclusion dans ce système, les techniques SCV ont pour effet de stabiliser la marge brute comparé aux systèmes SCI et conventionnel. De plus, après 10 ans, la marge brute du système SCV est très significativement supérieure (81%) à celles des systèmes conventionnel et SCI, dans un contexte de mauvaise année climatique. Il faut toutefois noter qu'en année 8 la marge brute du SCI est équivalente à celle du système SCV grâce à la valorisation de la culture d'arachide en SCI mieux valorisée que le maïs en système SCV. Ce résultat explique pourquoi l'arachide a été introduite dans la rotation des systèmes SCV préconisés (cf. Fabre, 2010) et aussi dans les systèmes SCI.

## Conclusion générale

D'après cette analyse, plus le type d'exploitation est tourné vers les cultures pluviales (par manque de foncier en RI, et en RMME) plus l'adoption des techniques SCV est intéressante pour le producteur en terme d'amélioration du revenu *stricto sensu*. Toutefois, l'augmentation de revenu n'est pas très significative pour les types d'exploitation C et D.

L'avantage de ces systèmes est essentiellement la stabilité du revenu face aux aléas climatiques notamment pour les exploitations de type D dont l'autosuffisance en riz est principalement assurée par la RMME, système très aléatoire. On peut toutefois émettre l'hypothèse qu'une exploitation dont la trésorerie est assurée par la vente de riz produit sur des surfaces rizicoles irriguées ou RMME (type C et D) pourrait améliorer significativement son revenu grâce aux systèmes SCV à condition de posséder des surfaces exondées suffisamment importantes pour générer un revenu équivalent ou supérieur à celui des rizières.

Les types d'exploitation E ont fortement intérêt à adopter les systèmes SCV. Cependant, leur faible trésorerie les contraints à avoir recours au crédit en fonction du niveau d'intensification choisi. Or, le seul crédit auquel ce type d'exploitation peut avoir accès par manque de garantie est le crédit à caution solidaire. Ce crédit, moyennement adapté au milieu agricole du lac Aloatra, est socialement risqué du fait des stratégies paysannes individualistes (Oustry, 2007). En réalité, seuls les associations de crédit à caution solidaire (ACCS) de type familiales, donc avec une forte cohésion sociale interne, fonctionnent bien. Il faut également noter que l'exploitation de type E de la zone nord-est a la capacité de rembourser son crédit chaque année, d'autant plus que les systèmes SCV améliorent le revenu dès la première année en fonction du niveau d'intensification choisi. En revanche l'exploitation de type E dans la zone sud-est est trop appauvrie pour garantir le remboursement du crédit.

L'histoire des innovations au lac Aloatra depuis les premières colonisations de la cuvette jusqu'à l'ère des projets de développement en passant par la colonisation puis l'indépendance permet de comprendre les pratiques culturelles aujourd'hui très diversifiées de la paysannerie malgache. Une typologie de comportement face à l'adoption des pratiques liées aux grands principes des systèmes SCV a été établie. Les résultats d'enquêtes auprès des paysans encadrés par le projet dans les zones sud-est et nord-est montrent une forte diffusion spontanée de ces techniques au sein des exploitations. La majorité de la population paysanne encadrée (71%) a des pratiques innovantes définies sous le terme de système de culture innovant (SCI). Il s'agit d'un processus d'innovation spontané à partir d'un « mixage » des pratiques dites conventionnelles et SCV. Les principes SCV les plus adoptés sont les pratiques de la rotation et du paillage sur les cultures de contre saison. Ces innovations démontrent l'adaptabilité des paysans à leurs contraintes propres et au contexte socio-économique. Les SCV *stricto sensu* se diffusent très peu spontanément (9%). L'étude plus approfondie des rotations et successions culturelles pratiquées chez ces paysans a démontré des différences dans la préférence des cultures et leur organisation en fonction des toposéquences mais aussi des zones d'étude, qui présentent des contraintes géomorphologiques et socio-économiques bien différenciées. Les processus d'innovation ont été mis en évidence par comparaison avec les pratiques en systèmes conventionnel et SCV.

Une analyse des évolutions de rendements en systèmes SCV et SCI a été réalisée à partir des bases de données internes au projet. Il a été montré que les rendements en système SCV augmentent progressivement en fonction de l'ancienneté du système et de la zone d'étude pour les cultures de maïs et de riz pluvial. En systèmes SCI et conventionnel, les rendements sont stables mais subissent un fort accident climatique deux années sur dix, sur *tanety*. Sur les RMME les rendements suivent les aléas climatiques selon une baisse établie à dire d'expert, et à partir d'une analyse du climat sur les cinq dernières années. Des itinéraires techniques standards ont été établis pour chaque système : SCV, SCI et conventionnel.

A partir d'une ferme du RFR choisie dans chaque zone, ont été créés des modèles d'exploitation de trois types différents, les plus représentatifs des zones d'étude : C, D et E. Le modèle est caractérisé par un système de culture (SCV, SCI, conventionnel) : un assolement et des pratiques spécifiques, un parcellaire caractéristique, et des données globales d'exploitation (nombre d'UTH, animaux, autoconsommations, dépenses familiales etc.)

La modélisation de chaque ferme et de ses variantes pour chaque zone par le logiciel Olympe a permis de mesurer l'impact des systèmes SCV sur le revenu des exploitations. Il a été montré que les exploitations de type C ont peu d'intérêt à adopter les systèmes SCV, tandis que ceux-ci offrent une opportunité intéressante de sécuriser et d'améliorer le revenu pour les exploitations de type D. Les exploitations de type E ont fortement intérêt à adopter ces systèmes pour assurer leur viabilité.

### I. Modélisation et évaluation technico-économique

#### I.1. Appréhension des stratégies paysannes dans les modèles et collecte des données

La typologie de comportement établie dans cette étude mériterait d'être approfondie au niveau des pratiques culturales liées à chaque système de culture (types de semis : en ligne, en poquet, dans la raie de labour etc., densité de semis, niveau de fertilisation, temps de travaux détaillés). L'adoption de certaines pratiques est supposée fortement liée aux stratégies paysannes mises en place en fonction du type d'exploitation et des contraintes spécifiques de la zone où elle se situe. De la même façon, les données globales d'exploitation ne sont pas spécifiques d'un type dans cette étude. En effet, les exploitations de type D et E sont des modèles dérivés des exploitations de type C de la même zone, les données globales de l'exploitation (nombre d'actifs, d'enfants, autoconsommation réelle, etc.) reste inchangées. Or, le type d'exploitation est directement lié à une stratégie paysanne ; il y a modification des ateliers systèmes de cultures et systèmes d'élevage et de leur interaction. L'appréhension des stratégies paysannes dans les modèles nécessite un travail de collecte des données très fin, une approche qualitative des intérêts, contraintes et opportunités locales et une bonne compréhension du fonctionnement de l'exploitation. C'est une phase du travail particulièrement lourde du fait d'une approche complète des systèmes d'activités de l'exploitation et ce sur plusieurs années. Une telle entreprise exige plus d'une demi-journée d'enquête par exploitation, ce qui est difficilement applicable sur un grand échantillon. Les moyens financiers et humains à mobiliser sont importants ce qui a conduit à la sélection d'un échantillon réduit : le RFR.

#### I.2. Intégration du contexte socio-économique

Dans cette étude, l'effet agronomique des SCV et du contexte climatique a été pris en compte dans la modélisation. En revanche, le contexte socio-économique est difficilement reproductible. Pourtant, le poids des politiques nationales et du dispositif d'encadrement aux agriculteurs sont également à prendre en compte. La part des effets liée à la politique des prix des produits agricoles, à la régulation des marchés et aux opportunités de vente des produits est très importante. Pour cette étude on a choisi un système de prix moyen pour illustrer la situation. Les indicateurs économiques utilisés permettent la comparaison de la viabilité économique des systèmes de production, mais n'ont de sens réel que remis dans leur contexte. Il serait alors à envisager d'inclure dans la modélisation l'effet du contexte socio-économique. Il s'agit d'effectuer une analyse de sensibilité, au moyen d'aléas sur les prix.

### I.3. L'évaluation technico-économique à partir de modèles

Les résultats quantitatifs de la modélisation dépendent de la fiabilité des données entrées dans le modèle. Les résultats de modélisation sont clairement influencés par la construction du modèle. Fabre (2010), indiquait que l'utilisation de standards issus des enquêtes et des bases de données de BRL avait pour conséquence une normalisation des particularités des exploitations, qui sont justement nécessaires à la compréhension des stratégies paysannes. Toutefois, la simulation peut supporter un certain degré de standardisation si cela a pour effet de simplifier et renforcer la robustesse des données. Les résultats de cette étude sont essentiellement basés sur des variations de rendements en système SCV et SCI (systèmes de culture innovants). Ces variations en systèmes de culture innovants sont basées sur des hypothèses fortes de modélisation liées aux aléas climatiques, partiellement non vérifiable pour cause de non disponibilité des données ou de fiabilité moyenne. En système SCV ces variations sont liées à l'ancienneté du système. On part de l'hypothèse forte que les SCV sont résilients face aux aléas climatiques et procurent un certain effet tampon sur ces variations climatiques. En système non SCV, intégrant la majorité des SCI, on suppose que les aléas climatiques influent fortement sur les rendements. Ces hypothèses de modélisation introduisent un biais certain dans l'analyse des performances des différents systèmes de culture.

L'intensification des cultures est également un facteur déterminant du rendement mais n'a pas été pris en compte du fait de l'arrêt de l'utilisation d'engrais minéraux depuis 2008 par les paysans du lac. Il est difficile de mesurer l'impact d'utilisation des intrants pour deux raisons. Depuis le doublement des prix des intrants (2008), les paysans au lac Alaotra n'ont plus eu recours à ces engrais alors que les prix sont aujourd'hui revenus au même niveau qu'il y a trois ans. Il semble que les paysans utilisent de l'engrais sur les *tanety* les plus pauvres pour obtenir des rendements similaires aux *tanety* riches, sans engrais (Penot comme pers., 2011). Il est donc difficile d'en tirer des conclusions faute de références techniques sur l'impact des engrais sur les rendements. Une étude récente, août 2011, a mis en évidence des seuils d'utilisation des engrais minéraux (Reynaud-Cleyet, 2011).

## II. Les outils d'analyse technico-économique

### II.1. Typologie Durand, Nave & Penot, 2007

En 2011, au lac Alaotra, l'analyse technico-économique des performances des systèmes de culture repose sur une typologie réalisée en 2007 par Durand, Nave & Penot. Cette typologie a été créée au départ pour intégrer l'ensemble de la diversité des exploitations des différentes zones du projet BV-lac. Or, le critère principal utilisé pour discriminer les différentes exploitations au lac, est l'autosuffisance en riz. L'autosuffisance en riz est une notion floue. En effet, une exploitation peut-être autosuffisante en riz en terme de satisfaction théorique des besoins alimentaires de la famille par la production de riz sur l'exploitation. Il s'agit de l'autosuffisance en riz théorique. Or, dans la réalité, une exploitation au lac est constituée par un système de production agricole et un

ménage. Bien souvent, le riz est vendu régulièrement en petites quantités comme liquidité afin de couvrir les dépenses du ménage. Le riz constitue la principale source d'argent en cas de besoin. Dans le cas où la production de riz est trop faible pour couvrir les besoins de consommation en riz et les dépenses liées à la famille, l'exploitant devra racheter du riz. Il s'agit de l'autosuffisance en riz réelle. Cependant, l'autosuffisance en riz a été considérée comme un bon indicateur.

La typologie a été réalisée sur 3 grandes zones autour du lac Alaotra, diversifiées en termes d'opportunités socio-économiques et de conditions géomorphologiques. Il serait intéressant à terme de réaliser une typologie plus fine par grande zone, afin de mettre en évidence les contraintes et opportunités liées au contexte spécifique. Cela permettrait de mieux appréhender les stratégies paysannes et d'adapter la diffusion des systèmes SCV.

## II.2. Le RFR et la modélisation en années réelles

Le réseau de fermes de référence a été mis en place en complément des bases de données parcelles. L'objectif était de suivre en années réelles l'évolution de l'exploitation dans une optique d'analyse prospective et d'étude d'impact de l'introduction des SCV dans les exploitations. Or, le RFR a subi de nombreuses modifications en passant de 49 exploitations en 2007 à 15 en 2011. Les itinéraires techniques de 2007, première année de suivi des exploitations sont souvent erronés et les rendements surestimés. Les itinéraires techniques réels des années suivantes n'ont pas été systématiquement collectés. Ils ont été remplacés par des ITK standards. Le suivi a été réellement réalisé en 2010 par Cottet. La SAU de l'exploitation est souvent incohérente avec les données d'enquêtes de 2011. Enfin, les fermes du RFR ne sont pas représentatives de l'ensemble des fermes encadrées.

La modélisation en année réelle sur des cas réels d'exploitations est très intéressante car elle permet de prendre en compte les stratégies paysannes. C'était l'objectif initial de notre étude cependant ce n'a pas été possible d'une part pour les raisons citées précédemment. D'autre part, dans le cadre d'une analyse ex-post, l'évaluation des effets de l'adoption d'un système innovant est difficile à mesurer dans le sens où il n'existe pas de situation initiale. En effet, le suivi des fermes a été réalisé une fois que l'exploitation a intégré des pratiques et non pas avant. Dans le cadre d'une analyse prospective on peut également discuter le fait qu'il est difficile de savoir comment une exploitation va évoluer au cours des années après adoption de pratiques innovantes sur une courte échelle de temps (le suivi n'a débuté qu'en 2007). De plus, comme nous l'avons montré il s'agit d'une population très innovante : 71% des parcelles enquêtées sont menées spontanément en systèmes de cultures innovants. Par ailleurs, la modélisation en années réelles reste limitée par les dires d'acteurs souvent inexacts ou mal interprétés par l'enquêteur.

En conclusion, l'obstacle majeur à la modélisation en années réelles est la fiabilité des données. Pour cette raison la modélisation à partir de modèles d'exploitations avec utilisation d'ITK standards a été adoptée afin de renforcer la robustesse des données.

### II.3. Le logiciel Olympe

Le logiciel Olympe est un outil au service de l'analyse ex-post et prospective. Lors d'une restitution de stage en août 2011 sur le transfert des outils du projet aux organisations paysannes, les opérateurs ont décidé de ne plus faire de séances prospectives, et donc de ne plus utiliser le RFR et indirectement de ne plus utiliser le logiciel Olympe.

En effet, la saisie des données sous le logiciel Olympe est une étape de la modélisation particulièrement longue. De plus, l'analyse prospective reste une méthode difficilement compréhensible par les opérateurs. Même si la réflexion débute sur des exploitations réelles l'objectif est d'extraire des références théoriques, ce qui nécessite de faire abstraction des spécificités de l'exploitation pour généraliser un modèle à certains types d'exploitation. Cette démarche de scénarii utilisé par Cottet en 2010, avait été jugée trop théorique par les opérateurs.

## III. Améliorer les outils de suivi-évaluation

### III.1. Les bases de données parcelles et exploitation

L'analyse de la base de données exploitation (Chapitre II.II.4 Résultats intermédiaires) et le chapitre III (Chapitre III. Résultats) ont mis en évidence certaines difficultés liées aux type de données utilisables : bases de données des opérateurs, données issues de la typologie et des enquêtes, etc. Les bases de données parcelles sont créées chaque année, sans suivi continu des parcelles. Toutefois il est possible de connecter les parcelles comme dans le logiciel Manamura mais cela reste un travail conséquent qui n'a pas encore été réalisé. Afin d'analyser l'évolution des rendements en fonction de l'ancienneté du système SCV le suivi continu des parcelles est nécessaire. Les bases de données parcelles ne permettent pas une réelle analyse à l'échelle de l'exploitation car seules les parcelles en SCV sont renseignées. Il est donc impossible de comparer l'efficacité des pratiques entre les systèmes SCV et non SCV à partir des bases de données parcelles des opérateurs. De plus, en systèmes SCV les données extrêmes sont éliminées par les opérateurs notamment les rendements nuls. Ce qui a pour effet de renforcer l'hypothèse de résilience des systèmes SCV face aux aléas climatiques. Très peu de données sur les systèmes non SCV sont disponibles. L'acquisition de données s'est faites grâce aux enquêtes. Par la suite, il serait intéressant d'enquêter les systèmes de culture conventionnels dans des zones où le projet n'a ni actions ni influence.

La base de données exploitation n'est pas mise à jour et ses données ne sont pas nettoyées. Il serait pourtant utile de suivre l'évolution des caractéristiques globales (évolution des surfaces, UTH, animaux) des exploitations afin de comprendre d'une part la stratégie paysanne mise en place et d'évaluer les facteurs d'évolution (notamment la mise en place de systèmes SCV).

Ceci illustre clairement la difficulté de mettre en place un système de suivi-évaluation, couteux en temps, moyens humains et financiers (amorcé pourtant depuis 2003 par Dabat, M.H.). La qualité globale de la modélisation est alors limitée par le manque de données fiables ou précises et

disponibles afin d'évaluer les évolutions de rendements que ce soit en systèmes SCV ou non SCV sur longue période (entre 5 et 10 ans). La mesure d'impact réalisée dans cette étude tient donc compte de ces contraintes. Par exemple, les bases de données parcelles n'incluent pas l'état du *mulch* ou la fertilité unitaire des parcelles, pourtant indispensables pour l'analyse des résultats.

Malgré le fait que beaucoup de données sont disponibles à travers les bases de données d'enquêtes des étudiants depuis 2007 à 2011, il manque toujours des détails ou niveau de précision pour répondre parfaitement aux questions posées. En effet, les systèmes SCV ne diffusant pas dans leurs intégralité il existe une très large gamme de systèmes adaptés, en changement constant. Il serait envisageable de créer une typologie d'adoption en fonction de toutes les techniques diffusée par le projet (préparation du lit de semences, variétés utilisées, méthode de semis, densité de semis, gestion des adventices et des ravageurs, gestion du *mulch* et des plantes de services...).

### III.2. Evaluation externe des effets des SCV

Les évaluations externes au projet des effets des SCV sont toutes basées sur des données fournies par les organismes de diffusion. L'analyse de l'évolution des rendements en systèmes SCV réalisée pour la modélisation est basée sur des évaluations internes au projet, l'analyse n'est donc pas totalement neutre (les sondages de rendement annuels réalisés par la société local Andri-ko depuis 2009 n'ont que trop peu de parcelles pour être réellement utilisables). Les évaluations internes possèdent cependant l'avantage d'être réalisées par les personnes qui connaissent bien le contexte de diffusion. Renforcer les évaluations externes permettrait d'obtenir des résultats plus transparents en terme d'efficacité réel des systèmes SCV. L'étude menée par Fabre en 2010 dans le cadre du projet PAMPA indique qu'il y avait 419 ha de SCV réellement considérés comme telles et pérennisés au lac Aloatra contre 2000 ha avancé par le GSDM (toutes parcelles confondues y compris les parcelles en année 0, avec labour et autres parcelles non SCV...).

### III.3. Intégrer davantage les agriculteurs à l'évaluation

La difficulté de collecter des données fiables lors des enquêtes a été mise en évidence dans cette étude. C'est une limite classique du dire d'acteurs, notamment sur une longue période : reconstruire des systèmes sur 5 ans s'est avéré très compliqué. L'intégration des agriculteurs à l'évaluation des performances des systèmes SCV que ce soit pour la collecte des données où la vérification de leur validité est nécessaire. Cette intégration se réalise en partie par des bilans de campagne, des visites inter-villages et des sessions API. Depuis 2008, la nouvelle orientation est d'essayer de favoriser une forme de conseil de gestion avec les agriculteurs (environ 850 exploitations soit 30% du total des exploitations encadrées en 2011). Le cahier d'exploitation est un des outils mis en place par le projet en 2008 pour le conseil de gestion, mais actuellement encore peu utilisé par tous les agriculteurs, environ 150 cahiers. D'après Fabre, les agriculteurs demandent plus de moyens d'évaluation pour vérifier la performance des systèmes SCV.



## CONCLUSION

La diffusion des techniques d'agriculture de conservation au lac Aloatra a réellement commencé depuis une dizaine d'années au travers d'un vaste projet pilote : BV-Lac, dans un contexte de dégradation des ressources naturelles et de chute des rendements agricoles sur sols exondés. Le dispositif de diffusion a évolué d'une approche descendante à la parcelle vers une approche « éco-socio-territoriale » (Chabierski et al., 2005), puis vers une « approche exploitation » depuis 2007. Aujourd'hui cette approche holistique se renforce à travers la mise en place du conseil de gestion avec des groupes d'agriculteurs. Quel est le bilan aujourd'hui en termes de performances des systèmes SCV diffusés pour les cultures pluviales par le projet sur le revenu des exploitations ?

Aujourd'hui le bilan sur la diffusion des SCV reste mitigé d'un point de vue quantitatif avec 419 hectares de SCV effectivement pérennisés, ce qui est conséquent au vu de la complexité de la technique et peu par rapport au temps et moyens investis. En revanche d'un point de vue qualitatif, le bilan est très positif. Les résultats de cette étude ont montré une très forte diffusion spontanée (71% des parcelles enquêtées chez des exploitants encadrés) d'une partie des techniques du paquet SCV sur des parcelles non encadrées par le projet. Ceci exprime la capacité d'innovation de la population agricole du lac Aloatra. Les systèmes de cultures pratiqués, sont des systèmes qualifiés d'innovants : les SCI. Ils sont le résultat du métissage des techniques SCV diffusées depuis 2003 avec les savoirs et savoir-faire accumulés pendant plus d'un demi siècle d'innovation au lac sur les cultures pluviales.

La typologie de comportement réalisée sur l'adoption des SCV a montré que la technique de la rotation est la plus adoptée spontanément par les agriculteurs devant la couverture végétale permanente du sol (essentiellement paillage de la contre saison) et le non labour. Le non labour illustre clairement le changement de paradigme lié aux nouvelles pratiques, et reste un obstacle majeur à la pérennisation des SCV au lac. Fabre en 2010 avait déjà montré qu'au sein des exploitations déjà pérennisées en SCV le labour ponctuel restait une pratique courante. Le labour semble être le seul recours contre la compaction du sol et les adventices si le *mulch* est raté ou insuffisant .

L'étude des bases de données « parcelles » du projet, a permis de montrer une augmentation faible mais progressive des rendements des cultures pluviales en SCV en fonction de l'ancienneté du système, à bas niveau d'intrants depuis 2009. Les systèmes SCV semblent avoir un effet tampon face aux aléas climatiques comme le montre la régularité des productions tous systèmes diffusés confondus pour les grands systèmes (riz/vesce sur *Baiboho*, maïs+dolique//riz pluvial sur *tanety*) mais qui reste encore à prouver agronomiquement et dans le détail. Selon les opérateurs, les cultures conduites en SCV cette année 2011 où la pluviométrie a été exceptionnellement faible ont été « sauvées » contrairement aux cultures conduites en système conventionnel. L'évolution des rendements que ce soit en système conventionnel ou SCI n'a pas pu être véritablement analysé soit par manque de données fiables, soit par manque de détails sur les bases de données, soit dues aux limites du dire d'acteur lors des enquêtes. On peut émettre l'hypothèse forte que cet engouement pour la pratique de la rotation est directement lié à la baisse de fertilité progressive des sols et donc la baisse des rendements dans les monocultures conventionnelles à faible niveau d'intensification. Il faut noter qu'aujourd'hui les agriculteurs n'investissent plus dans les intrants chimiques dans la région de l'Alaotra que ce soit en systèmes conventionnel, SCI ou SCV. En effet, depuis 2008 suite au doublement du prix des intrants, le processus d'intensification « moyen » qui était en cours depuis 2003 a été stoppé. Cela semble lié d'une part à des modifications d'accès aux services : interdictions de prêts pour de nombreuses OP suite à des non remboursements partiels

de crédit à caution solidaire et à une conjoncture de hausse du prix des intrants (Fabre, 2010). Pourtant en 2011 le prix des engrais minéraux est revenu au même niveau qu'en 2007 mais on constate une certaine inertie des pratiques. On peut alors se demander pourquoi les agriculteurs ne réutilisent pas ces engrais sur les cultures pluviales ? D'après les agriculteurs l'augmentation de l'utilisation d'engrais organique (poudrette de zébu) permet d'atteindre les mêmes rendements qu'avec l'utilisation d'engrais minéraux. Ceci peut être vrai dans un premier temps mais est certainement insuffisant dans la durée pour l'atteinte des objectifs de 3 tonnes de céréales/ha/an que s'étaient globalement fixés les paysans entre 2003 et 2009 (observations Chabiersky et Domas, 2007). Les rendements actuels semblent être maintenus par un « effet précédent » (forte intensification jusqu'en 2008), mais ne seront probablement pas stabilisés à long terme sans fertilisation de fond compensant les exportations de nutriments.

Les systèmes SCV pourraient constituer une solution durable permettant de tendre vers une intensification écologique des cultures pluviales via l'utilisation de plantes de couvertures afin de sécuriser et valoriser l'investissement en engrais.

L'analyse contrefactuelle en *ex post* et prospective dans les 5 prochaines années, à partir de modèles d'exploitations a montré un impact à moyen terme des systèmes SCV sur le revenu plutôt nuancé. Les surfaces et l'assolement caractérisant un type d'exploitation représentative au lac Alaotra sont des facteurs déterminants dans la mesure d'impact. L'impact des SCV sur le revenu *stricto sensu* des exploitations dont les surfaces en rizière irriguée ou RMME sont importantes, est peu significatif. Le revenu généré par la rizière irriguée constitue la quasi-totalité du revenu. Ce type d'exploitation a un revenu élevé et régulier, assurant sa viabilité économique sur le long terme. En général la place des cultures pluviales y est restreinte, l'impact sur le revenu est faible. Ce type d'exploitation a à priori peu d'intérêt à adopter les systèmes SCV. L'ensablement progressif des rizières irriguées dans la zone sud-est pourrait cependant dans l'avenir faire évoluer ce constat.

L'impact des SCV sur le revenu des exploitations ne possédant que des RMME, dont les rendements sont fortement aléatoires, est tout autre. Ces exploitations en fonction de leur surfaces cultivables ne sont pas toujours viables et font face certaines années à des problèmes de subsistance alimentaire. La modélisation sur 10 ans a permis de montrer que sans augmenter significativement le revenu, les systèmes SCV ont un effet plus qualitatif ; celui de stabiliser les rendements et donc de sécuriser le revenu. Les rendements plus réguliers et plus élevés qu'en systèmes conventionnels permettent de compenser les chutes de trésorerie les années où le rendement de riz sur RMME est mauvais. A long terme, les rendements en SCV se stabilisent et le revenu augmente malgré la fluctuation du revenu généré par la RMME.

Ce constat dépend toutefois fortement de la balance entre surfaces en RMME et surfaces exondées. En effet, il a été montré que plus les cultures pluviales ont une place importante au sein de l'exploitation plus l'impact des SCV sur le revenu (quantitatif) est significatif. Les systèmes SCV dans ce cas augmentent significativement le revenu global sur 10 ans. Ces exploitations ont fortement intérêt à adopter ces systèmes pour assurer leur viabilité annuelle et sur le long terme. Fabre en 2010 a montré que l'installation des systèmes SCV engendre un surinvestissement financier les premières années. Le problème majeur réside dans le fait que les exploitations qui ont le plus à gagner en adoptant ces systèmes sont également celles dont la trésorerie est trop faible pour supporter les charges liées à l'installation. Leur seul recours est le microcrédit en particulier à caution solidaire. En effet, ces exploitations offrent trop peu de garanties pour le crédit individuel. Le crédit à caution solidaire est peu adapté au lac et socialement risqué, augmentant davantage la vulnérabilité économique de ces exploitations.

A court terme l'impact des SCV est peu significatif pour les exploitations déjà viables économiquement. Il faut attendre au minimum une dizaine d'années avant d'en mesurer les effets cumulés au niveau de l'exploitation même si les résultats sont plus significatifs au niveau de la parcelle. Ce temps long correspond au temps nécessaire aux agriculteurs pour l'apprentissage et la consolidation des savoirs et savoir-faire sur ces systèmes. Le gain économique purement quantitatif s'inscrit dans une logique d'agriculture pérenne qui n'est pas évidente à percevoir pour les agriculteurs. Au vu de la grande proportion d'adoptants dit opportunistes (entre l'année 0 et la première année de SCV) et la très faible proportion de surfaces pérennisées depuis plus de 8 ans, on peut alors se demander quels sont les autres avantages de ces systèmes perçus par les agriculteurs ?

Fabre en 2010 a émis l'hypothèse que certains agriculteurs ne comprennent pas le fondement des principes du SCV mais adoptent le système sur une parcelle afin de conserver un lien avec le projet. Les conseils du technicien ne se limitent pas en effet aux cultures pluviales et aux systèmes SCV. Les plantes de couverture valorisent l'utilisation des intrants. Le raisonnement de cette population d'agriculteurs lors de l'adoption des SCV est un point intéressant à creuser dans l'avenir. Le développement important des SCI montre que si la technique SCV dans son ensemble reste difficile à maîtriser, les éléments partiels de la technique « percolent » très bien dans les systèmes conventionnels qui évoluent alors en SCI.

D'après Fabre, 2010, les agriculteurs n'ont pas pour objectif l'optimisation des facteurs de production dans l'exploitation mais plutôt de répondre aux demandes spécifiques de la famille et d'adapter le système d'exploitation aux contraintes locales et à celles du ménage. Le continuum de combinaisons des SCI identifiés dans cette étude traduit bien cette plasticité des exploitations. Les techniques existantes sont probablement modifiées afin de répondre aux objectifs et aux contraintes de chaque agriculteur. L'identification des contraintes et opportunités liées à l'adoption des SCI reste à identifier. Cette étude, cruciale pour la compréhension des stratégies paysannes mises en œuvre, pourrait faire par conséquent l'objet d'une étude complémentaire en 2012.

En 2010, Fabre posait déjà la question : quelles stratégies adopteront les agriculteurs face à la baisse effective des rendements dans l'avenir ? Se tourneront-ils vers des systèmes SCV ou SCI ? Vers une ré-intensification progressive avec les engrais minéraux ? Cette étude permet d'ores et déjà d'amorcer la réflexion en montrant que les agriculteurs ont déjà réagi en modifiant spontanément et durablement leur pratiques conventionnelles. En parallèle Fabre a également montré en 2010 que les agriculteurs encadrés ayant adopté depuis longtemps les systèmes SCV les ont également modifié pour les adapter à leur contraintes propres. Il est encore trop tôt pour juger de la durabilité économique et écologique de ces systèmes innovants. Cette tendance permet toutefois d'émettre l'hypothèse que dans l'avenir la population agricole du lac continuera probablement à innover et se tournera vers une intensification écologique de ses systèmes innovants.

Finalement l'un des obstacles majeur à l'adoption de l'ensemble des techniques SCV semble être le changement de paradigme d'une vision à court terme vers une vision à long terme de l'agriculture. Dans un contexte économique et politique instable, peu d'agriculteurs prennent le risque d'attendre 10 ans pour observer les effets des SCV sur leur revenu.

## BIBLIOGRAPHIE

ANDRI-KO, (2009). Evaluation de la production agricole par le sondage du rendement pour la campagne 2008-2009 dans la région du lac Alaotra. Lot 2 : Estimation des productions des cultures pluviales en semis direct sous couvert végétal (SCV) et rizières à irrigation aléatoire (RIA), MAEP, BV-Lac II, Madagascar, Ambatondrazaka, 63p.

ANDRI-KO, (2010). Evaluation de la production agricole par le sondage du rendement pour la campagne 2009-2010 dans la région du lac Alaotra. Lot 1 : évaluation de la production rizicole sur les périmètres irrigués PC 15-Vallée Marianina, MAEP, BV-Lac II, Madagascar, Ambatondrazaka, 79p.

BAR, M., (2010). Indicateurs de vulnérabilité, résilience durabilité et viabilité des systèmes d'activité au Lac Alaotra, Madagascar. Mémoire de Master 2ème Année « Analyse de projet » Magistère 3ème Année : « Développement Economique », CERDI, université de Clermont-Ferrand, France, 122p.

BEAUVAL V., LEVAL D., (2003). Bilan à mi-parcours du programme transversal d'agro-écologie. Rapport de synthèse définitif. 87p.

BRL, 2008. Rapport de campagne agricole de la saison 2007-2008, vallée du sud-est/nord-est. Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra (BV-Lac Alaotra), rapport de campagne, 102p.

BRL, 2009. Rapport final de la campagne de saison 2008-2009, lot 3 : zone des vallées du sud-est.

Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra phase 2 (BV-Lac Alaotra II), rapport de campagne, 118p.

BRL, 2009. Rapport final de la campagne de saison 2008-2009, lot 2 : zone nord-est.

Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra phase 2 (BV-Lac Alaotra II), rapport de campagne, 92p.

BRL, 2010. Rapport final de la campagne de saison 2009-2010, lot 3 : zone des vallées du sud-est.

Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra phase 2 (BV-Lac Alaotra II), rapport de campagne, 118p.

BRL, 2010. Rapport final de la campagne de saison 2009-2010, lot 2 : zone nord-est.

Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au lac Alaotra phase 2 (BV-Lac Alaotra II), rapport de campagne, 92p.

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. Communication au III<sup>ème</sup> congrès mondial Conservation Agriculture : Linking Production, Livelihoods and Conservation, 3 au 7 octobre 2005, Nairobi, Kenya, 8p.

COTTET, L., (2010). Mise en place de scénarii d'analyse prospective à partir du réseau de fermes de référence du projet BV-Lac. Rapport de stage de césure, AgroParisTech, 182p.

DEVEZE, J.C., (2007). Évolutions des agricultures familiales du Lac Alaotra (Madagascar). Défis agricoles africains, Karthala, Paris.

DOMAS, R. ; PENOT, E. ; ANDRIAMALALA, H. ; CHABIERSKI, S., (2009). Quand les *tanety* rejoignent les rizières au lac Alaotra : diversification et innovation sur les zones exondées dans un contexte foncier de plus en plus saturé. Regional workshop on conservation agriculture, CIRAD/AFD, Phonsavan Xieng Khouang Laos PDR, 31p.

DUGUE P., (2010). Mise en œuvre du projet PAMPA GT3 à Madagascar. Rapport de mission, CIRAD, 3p.

DURAND, C. ; NAVE, S., (2007). Les paysans de l'Alaotra, entre rizières et *tanety*. Étude des dynamiques agraires et des stratégies paysannes dans un contexte de pression foncière, Lac Alaotra, Madagascar , Mémoire ESAT 1, IRC, France, Montpellier, 174p.

EQUIPE COORDINATION GT3 PAMPA, DELARUE J., (2010). Evaluation socioéconomique et conditions de diffusion des SCV dans les exploitations agricoles. Compte rendu de l'atelier GT3 RIME PAMPA, CIRAD, 22p.

FABRE, J., (2011). Evaluation technico-économique des effets des systèmes de culture sous couverture végétale dans les exploitations agricoles du lac Alaotra, Madagascar. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de spécialisation en agronomie tropicale, IRC SupAgro, France, Montpellier, 161p.

FAO, (2008). Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. URL : <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>, consulté le 16 juin 2011.

FAURE G., DUGUE P., RETIF., (2009). Méthodologie pour l'évaluation socio-économique des SCV dans les exploitations (EVALINNOV), conclusions de l'atelier de Montpellier du 1 et 2 juillet 2009. CIRAD, 26p.

FREUD C., (2005). Evaluation de l'impact économique des systèmes de culture sur couvert végétal au Brésil et à Madagascar. CIRAD, 55p.

GARIN P., (1998). Dynamiques agraires autour de grands périmètres irrigués : le cas du lac Alaotra à Madagascar, Thèse, Université de Paris X Nanterre (Géographie), Cemagref, CIRAD, 374 p.

GILLERS K., WITTER E., CORBEELS M., TITTONELL P., (2009). Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view. Field Crop Research, vol. 114, issue 1, Oct. 2009, 23p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, (2001). Monographie de la région du Moyen-est. Unité de politique pour le développement rural (UPDR), 258p.

NAUDIN K. ; HUSSON O. ; ROLLIN D. ; GUIBERT H. ; CHARPENTIER H. ; ABOU ABBA A. ; NJOYA A. ; OLINA J.P. ; SEGUY L., (2007). Conservation agriculture adapted to specific conditions – No tillage for smallholder farmers in semi-arid areas (Cameroon and Madagascar). CIRAD, 4p.

OUSTRY M., (2007). Analyse des causes de non remboursement des crédits au lac Alaotra à Madagascar, quelles implications pour les groupements de crédits à caution solidaire, les institutions financières et le projet BV-Lac ? Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de spécialisation en agronomie tropicale, ESAT 2, IRC SupAgro, France, Montpellier, 146p.

PENOT, E. ; ATTONATY, J.M. ; LE GRUSSE, PH. ; DEHEUVELS, O., (2003). Le logiciel Olympe un outil de simulation et de modélisation du fonctionnement de l'exploitation agricole. CIRAD, 18p.

PENOT, E. ; LE BARS, M. ; DEHEUVELS, O. ; LE GRUSSE, PH. ; ATTONATY, J.M., (2004). Farming systems modeling in tropical agriculture using the software Olympe.

PENOT E., (2008). Mise en place du réseau de fermes de références avec les opérateurs du projet. Document de travail du projet BV-LAC N° 4.

PENOT E., (2008). Harmonisation des calculs économiques et correspondance avec le logiciel Olympe Document méthodologique de travail n° 5.

PENOT, E., (2008). Olympe un outil d'analyse technico-économique de la parcelle à la région. CIRAD, 71p.

PENOT E., (2009). Des savoirs aux savoirs faire, l'innovation alimente un front pionnier : le lac Alaotra de 1897 à nos jours. Document de travail BV-Lac n°27, AFD, MAEP, CIRAD, 37p.

PENOT E., HUSSON O., RAKOTONDRAMANANA, (2010). Les bases de calculs économiques pour l'évaluation des systèmes SCV. Manuel pratique du semis direct à Madagascar, annexe 2, CIRAD, 27p.

REYNAUD-CLEYET M., (2011). Evaluation de la viabilité de l'intensification par l'utilisation d'engrais minéraux dans les exploitations agricoles du lac Alaotra, Madagascar. Rapport de stage ENSAT, 2<sup>ème</sup> année, 96p.

SEGUY L., (2010). Recommandations et propositions d'action pour le développement et la recherche en appui au GSDM et aux projets BV-Lac et BVPI- SEHP. Rapport de mission à Madagascar du 19 mars au 10 avril 2010, 108p.

SERPANTIE G., (2009). L'agriculture de conservation à la croisée des chemins. Vertigo, revue des sciences et de l'environnement, vol. 9, n. 3, 21p.

TERRIER M., (2008). Mise en place du réseau de fermes de références dans la zone d'intervention du projet BV/Lac, lac Alaotra, Madagascar. Méthodologie, conventions et règles d'utilisation. Mémoire IRC SupAgro, France, Montpellier, 120p.

TEYSSIER, A. (1994). Contrôle de l'espace et développement rural dans l'ouest Alaotra : de l'analyse d'un système agraire à un projet de gestion de l'espace rural. Thèse de géographie Université Paris I Panthéon Sorbonne, 473 p.

#### Sites web consultés

Site internet du CIRAD : [cirad.fr](http://cirad.fr), consulté le 20 juin 2011

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Le lac Alaotra (Durand et Nave, 2007) .....	5
Figure 2 : Organigramme de la diffusion des systèmes SCV au lac Alaotra.....	11
Figure 4 : Les SCV dans le paysage du nord-est ( Fabre, 2010).....	17
Figure 3 : Les SCV dans le paysage des vallées du sud-est (Fabre, 2010) .....	17
Figure 5 : Evolution des surfaces en SCV et des agriculteurs adoptants au lac Alaotra de 2003 à 2010 (GSDM, BRL, Fabre, 2010) .....	18
Figure 6 : Localisation des zones d'étude (Fabre, 2010) .....	27
Figure 7: Photo aérienne du <i>fokontany</i> d'Amparihintsokatra (source : Ando, BV Lac).....	29
Figure 8 : photo aérienne de la commune d'Ilafy et du périmètre irrigué de la vallée Marianina (source : Ando, BV-Lac).....	30
Figure 9 : Répartition des types principaux d'exploitations dans les zones nord-est et sud-est du lac Alaotra .....	39
Figure 10 : Répartition des types détaillés d'exploitations dans les zones nord-est et sud-est du lac Alaotra .....	39
Figure 11 : Répartition des exploitations des zones nord-est et sud-est selon le critère d'autosuffisance en riz .....	40
Figure 12 : Répartition et combinaisons des pratiques culturelles associées au non labour (n=10) .....	48
Figure 13 : Répartition et combinaisons des pratiques culturelles associées au labour (n=70) .....	49
Figure 14 : Systèmes de cultures définis en fonction de combinaisons de pratiques.....	52
Figure 15 : Ratios d'effectifs des parcelles en fonction du niveau d'adoption des techniques SCV (n=80) .....	53
Figure 16 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type C pour la zone VSE.....	67
Figure 17 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type C pour la zone VSE.....	68
Figure 18 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C.....	68
Figure 19 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone VSE.....	69
Figure 20 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type D pour la zone VSE .....	70
Figure 21 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D .....	71
Figure 22 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D.....	71
Figure 23 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type D dans la zone VSE.....	72



Figure 24 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et SCI de la ferme de type E pour la zone VSE.....	73
Figure 25 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E.....	73
Figure 26 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E.....	74
Figure 27 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type E dans la zone VSE.....	74
Figure 28 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C.....	76
Figure 29 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C.....	77
Figure 30 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type C.....	77
Figure 31 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone ZNE.....	78
Figure 32 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D.....	79
Figure 33 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D.....	79
Figure 34 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type D.....	80
Figure 35 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type D dans la zone ZNE.....	80
Figure 36 : Comparaison du résultat d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E.....	81
Figure 37 : Comparaison du solde d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E.....	82
Figure 38 : Comparaison du solde cumulé d'exploitation des systèmes SCV et innovants de la ferme de type E.....	82
Figure 39 : Valeurs des ratios d'intensification et de retour sur investissement sur 10 ans pour l'exploitation de type E dans la zone ZNE.....	83
Figure 40 : VJT du système riz pluvial - CS en systèmes SCV et SCI sur <i>baiboho</i> .....	84
Figure 41 : Marge brute du système riz pluvial - CS en systèmes SCV et SCI sur <i>baiboho</i> .....	85
Figure 42 : VJT des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur <i>tanety</i> .....	86
Figure 43 : Marge brute des systèmes maïs//riz//maïs//arachide en système SCV, maïs//maïs//arachide en SCI, et maïs//maïs en système conventionnel sur <i>tanety</i> .....	87

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Possibilités d'itinéraires techniques applicables selon les milieux physiques (Domas et al., 2009) .....	16
Tableau 2 : Typologie des exploitations au lac Alaotra revisitée (Durand C. et Nave S., 2007 ; Penot E. et opérateurs, 2008 ; Domas R., 2011) .....	38
Tableau 3 : Les fermes du RFR sélectionnées pour cette étude .....	41
Tableau 4 : Synthèse des types de systèmes de culture .....	47
Tableau 5 : Critères discriminants pour la typologie des comportements face à l'adoption des pratiques SCV .....	48
Tableau 6 : Synthèse des différents systèmes de culture standards par toposéquence et par zone .....	55
Tableau 7 : Synthèse des systèmes de pratiques culturales à comparer par la modélisation	56
Tableau 8 : Pourcentages annuels d'augmentation des rendements par zone pour les cultures de riz pluvial et maïs, toutes toposéquences confondues.....	59
Tableau 9 : Parcellaire de l'exploitation de type C dans la zone nord-est exprimé en hectare .....	60
Tableau 10 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCV standard sur 10 ans pour l'exploitation de type C dans la zone ZNE .....	61
Tableau 11 : Assolement et rotations exprimées en hectare en SCI spontané standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone ZNE .....	61
Tableau 12 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système conventionnel standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone ZNE .....	62
Tableau 13 : Parcellaire de l'exploitation de type D dans la zone nord-est exprimé en hectare .....	63
Tableau 14 : Parcellaire de l'exploitation de type E dans la zone nord-est exprimé en hectare .....	63
Tableau 15 : Parcellaire de l'exploitation de type C dans la zone sud-est exprimé en hectare .....	63
Tableau 16 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCV standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone VSE .....	64
Tableau 17 : Assolement et rotations exprimées en hectare en système SCI spontané standard sur 10 ans pour l'exploitation du type C dans la zone VSE.....	64
Tableau 18 : Parcellaire de l'exploitation de type D dans la zone sud-est exprimé en hectare .....	65
Tableau 19 : Parcellaire de l'exploitation de type E dans la zone sud-est exprimé en hectare .....	65