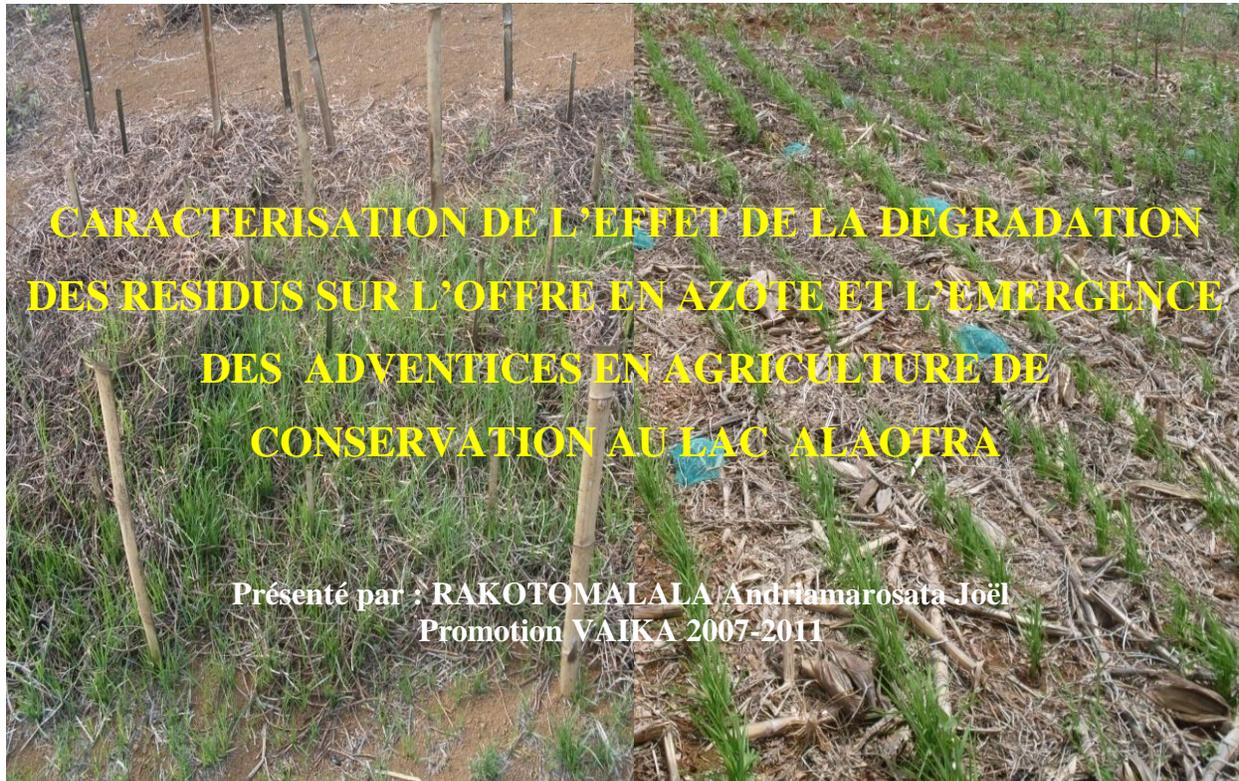




Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN AGRICULTURE ET ELEVAGE**



Soutenu publiquement le 12 Octobre 2012 devant le jury composé de :

- Pr. RABOANARY Julien Amédée, président du jury
- Dr. RAKOTOARISOA Jacqueline, maître de stage
- Dr. NAUDIN Krishna, maître de stage
- Dr. SCOPEL Eric, encadreur technique
- Mr. RANDRIAMAROTIA Daphiné, encadreur pédagogique



URP Système de Culture
riziculture durable



Centre national de la recherche
appliquée au développement
dans le monde rural



Centre de coopération
Internationale en
Recherches

REMERCIEMENT

Nous ne pouvons pas nous empêcher d'adresser nos vifs remerciements et toute notre sincère reconnaissance, à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Nous tenons à remercier vivement en particulier :

- à notre **Seigneur DIEU** qui veille sur nous tout le temps et nous a donné la force et le courage durant la réalisation de ce travail.
- **Pr. RABOANARY Julien Amédée**, Recteur de cet institut, de bien vouloir présider cette soutenance malgré ses responsabilités plus que nombreuses. Veuillez accepter ce modeste remerciement.
- **Dr. RAKOTOARISOA Jacqueline**, Docteur en physiologie végétale, Directrice Scientifique du FOFIFA, notre encadreur professionnel, qui malgré ses multiples occupations, a su accorder une importance particulière à ce travail. Merci pour toutes les instructions lors de l'élaboration de ce mémoire.
- **Dr. SCOPEL Eric**, Docteur en Agronomie, et par la même occasion **Mr. NAUDIN Krishna**, Ingénieur Agronome et chercheur du CIRAD, nos encadreurs techniques, qui ont apporté un soutien constant au travail de terrain et qui nous ont beaucoup aidé à l'interprétation des résultats. Merci pour tous les précieux conseils et les encouragements.
- **Mr. RANDRIAMAROTIA Daphiné**, Enseignant de cet institut et chercheur au sein du FOFIFA, mon encadreur pédagogique, de nous avoir aidé et guider tout au long de la réalisation de ce mémoire.
- **Dr. SALGADO Paulo**, Docteur en Agronomie, qui nous a beaucoup aidé et encadré sur la manipulation de l'appareil SPIR lors de l'analyse de nos échantillons et aussi sur les traitements des spectres. Tous nos remerciements.
- **Mr. RAMAHANDRY ANDRIANDRAHONA Fidiniaina**, ingénieur agronome de l'URP/SCRiD Antsirabe, qui par ses précieux conseils et aides, a beaucoup participé à la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici les récompenses de ses implications.
- **Mme RAZAFIMANANTSOA Marie Paule**, Assistante de recherche et ingénieur agronome, responsable du laboratoire des radioisotopes, qui nous a accordé à effectuer l'analyse de nos échantillons. Merci beaucoup.
- **Mme RAHARIMALALA Monique**, technicienne de l'URP/SCRiD Ambohitsilaozana et ses équipes, qui nous ont aidé depuis le début jusqu'à la fin de la campagne 2011-2021. Qu'ils soient particulièrement remerciés pour leur patiente attention sur tous les travaux de terrain.
- Tous les personnels du **CRR-ME Ambohitsilaozana** pour les chaleureux accueils.
- Les organismes qui nous ont aidé techniquement et financièrement pour la réalisation de cette étude : URP/SCRiD FOFIFA (CIRAD) dans le cadre du projet **PEPITES**.

*Je remercie sincèrement tous ceux qui ont participé à l'accomplissement de cette recherche. Aussi un très grand merci à **ma famille**, qui m'a toujours encouragé et aidé jusqu'au bout de cette soutenance.*

Veuillez accepter nos sincères reconnaissances !!!!... 

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1.	PARTIE I : PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE	1
1.1.	Présentation de l'URP SCRID.....	1
1.2.	Présentation de l'ISPM.....	3
2.	PARTIE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	5
2.1.	Généralités sur les SCV.....	5
2.1.1.	2.1.1. Définition et principes des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente.....	5
2.1.2.	2.1.2. Etats de l'art sur les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente .	5
2.1.3.	2.1.3. Effets des systèmes SCV sur la conservation et restauration des sols agricoles	6
2.1.4.	2.1.4. SCV au Lac Alaotra	6
2.2.	Décomposition des résidus.....	7
2.2.1.	Définition de la matière organique du sol (MOS)	7
2.2.2.	Mécanismes généraux et facteurs de décomposition de la matière organique	7
2.2.3.	Processus de minéralisation de l'azote organique dans le sol	9
2.2.4.	Influence des résidus de culture sur les propriétés physico-chimiques des sols.....	12
2.2.5.	Effets des SCV sur les mécanismes de la décomposition des pailles	12
2.3.	Les adventices au lac Alaotra.....	13
2.3.1.	Définition	13
2.3.2.	Facteurs de prolifération des adventices	13
2.3.3.	Impact des adventices sur les cultures	13
2.3.4.	Moyens de lutte disponible	14
2.3.5.	Contrôle des adventices en SCV.....	14
3.	PARTIE III : MATERIELS ET METHODES	15
3.1.	Présentation du milieu d'étude.....	15
3.1.1.	Situation géographique	15
3.1.2.	Climat.....	16
3.1.3.	Relief.....	16
3.1.4.	Sols	17
3.1.5.	Activités Agricoles	17
3.2.	Dispositifs expérimentaux :	17
3.2.1.	Dispositif expérimental sur le suivi de la dégradation des résidus de différents systèmes de cultures sur couverture végétale selon le mode de gestion du sol.....	18
3.2.2.	Dispositif expérimental de l'essai mulch-adventices	23
3.3.	Traitement des données.....	28
3.3.1.	Analyse statistique des données	28
4.	PARTIE IV : RESULTATS ET DISCUSIONS.....	29
4.1.	Résultats.....	29
4.1.1.	Caractéristiques de la pluie	29
4.1.2.	Suivi de la décomposition et minéralisation des résidus	30
4.1.3.	Adventices	40
4.2.	Discussion	44
4.2.1.	Effets des SCV sur la dégradation des résidus	44
4.2.2.	Effet des pailles sur l'émergence des adventices	45

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

AC : Agriculture de Conservation
BVlac : Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au Lac Alaotra
C/N : Rapport entre le Carbone et l'azote
CALA : Complexe agronomique du Lac Alaotra
CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CO₂ : Gaz carbonique
CRR-ME : Centre régional de recherche du Moyen-Est
FOFIFA : Foibem-pirenena momba ny fikarohana ampiarina ho fampandrosoana ny ambanivohitra ou Centre national de recherche appliquée au développement dans le monde rural
GSDM : Groupement semis direct de Madagascar
IRD : Institut de recherche pour le développement
ISPM : Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar
J : Jours
JAS : Jour après semis
Kg/ha : Kilogramme à l'hectare
Lab : Labour
LB : Litter-Bag
LB_R : Riz sur système labouré
MA : Moyenne annuelle
MD : maïs+dolique
MS : Matière sèche
N : Azote
Nb Adv : Nombre d'adventice
NH₄⁺ : Azote ammoniacal
NO₂⁻ : Azote nitreux
NO₃⁻ : Azote nitrique
N_{res} : Azote des résidus
P calc : Probabilité calculée
PEPITES : Processus écologiques et processus d'innovation technique et sociale en agriculture durable
PO₄³⁻ : Ion phosphate
SCV : Systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente
SCV_{M+S} : Maïs+ stylosanthes sur système SCV
SCV_R : Riz sur système SCV
SO₄²⁻ : Ion sulfate
Stylo lab : Stylosanthes conduit au labour
Stylo SCV : Stylosanthes conduit en SCV
T/ha : Tonne à l'hectare
TAFA : Tany sy fampandrosoana
T_{init}COUV : Taux de couverture initial
URP-SCRiD : Unité de recherche en partenariat sur les systèmes de culture et riziculture durable

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES CLICHES

Cliché 1 : Un litter bag rempli d'un mélange de résidus de Maïs+Dolique	21
Cliché 2 : (a) Mise en place des litter bags à la surface du sol pour les systèmes en SCV (b) Enfouissement d'un litter bag dans un sol pour les systèmes en labour	22
Cliché 3 : Comptage sur terrain des adventices émergés	27
Cliché 4 : Modèle de photo prise au milieu de la campagne pour la parcelle N°1	27

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de l'ISPM	4
Figure 2 : Evolution de surface en SCV et de nombre des paysans adoptant le SCV au Lac Alaotra (a) : cas de saison de culture – (b) : cas de contre saison	7
Figure 3 : Décomposition de la matière organique fraîche : humification et minéralisation	9
Figure 4 : Dynamique de la minéralisation de l'azote dans le sol	10
Figure 5 : Représentation schématique des processus interdépendants de l'assimilation de la minéralisation de l'azote dans le sol	11
Figure 6 : Courbe ombrothermique.....	16
Figure 7 : Plan de l'essai adventice.....	24
Figure 8 : Une parcelle élémentaire de 1m ²	24
Figure 9 : Répartition des pluies journalières durant la campagne 2011/2012	29
Figure 10 : Rendement en biomasse résiduelles par type de précédent.....	30
Figure 11 : Dynamique de la perte en masse des résidus dans les LB durant la campagne 2011/2012.....	31
Figure 12 : Quantité d'azote fournie par les résidus dans chaque système comparé à chaque date de prélèvement pendant la campagne 2011/2012.....	38
Figure 13 : Rapport entre taux de couverture du sol à l'état initial et taux de couverture du sol à l'état final	40
Figure 14 : Dynamique de l'émergence des adventices, sur une surface de 0.25 m ² par type de couverture en fonction de la date de suivi de l'émergence : (a) adventice total sur maïs+dolique - (b) adventice total sur stylosanthes – (c) dicotylédones sur maïs+dolique – (d) dicotylédones sur stylosanthes – (e) monocotylédones sur maïs+dolique – (f) monocotylédones sur stylosanthes.....	41
Figure 15 : Emergence des adventices sur une surface de 0.25 m ² , en fonction du taux et du type de couverture (a) adventice total sur maïs+dolique, (b)adventice total sur stylosanthes, (c)dicotylédone sur maïs+dolique, (d)dicotylédone sur stylosanthes, (e)monotylédone sur maïs+dolique, (f) monotylédone sur stylosanthes. Pour chaque figure les traitements suivi de la même lettre ne sont pas significativement différents par le test de Tukey au seuil de 5%	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des systèmes étudiés	19
Tableau 2 : Quantité de mulch utilisée correspondant aux différents niveaux de taux de couverture.....	25
Tableau 3 : Répartition des précipitations suivant le nombre de jour des pluies et sa hauteur totale.....	29
Tableau 4 : Biomasses résiduelles produites par système lors du prélèvement des résidus	31
Tableau 5 : Comparaison des moyennes des pourcentages de perte en masse des modalités testées durant la campagne 2011/2012.	33
Tableau 6 : Quantité initiale d'azote des résidus de chaque litter-bag avant la mise en place sur les parcelles.....	35
Tableau 7 : Comparaison des moyennes de la quantité d'azote fournie par les résidus suivant les modalités testées de la campagne 2011/2012 en kg.ha ⁻¹	36
Tableau 8 : Quantité d'azote fournie par les résidus par période du cycle cultural du riz au cours de la campagne 2011/2012 en Kg.ha ⁻¹	37

RESUME

Cette recherche consiste à caractériser l'effet de la dégradation de la couverture végétale sur l'offre en azote et l'émergence des adventices en agriculture de conservation au lac Alaotra. Elle a été menée sur deux dispositifs expérimentaux sous pluies naturelles. Le premier dispositif permet d'évaluer la dégradation des résidus de différents systèmes de cultures sur couverture végétale selon deux modes de gestion du sol. La méthode des litter-bags est effectuée périodiquement depuis le début de campagne agricole jusqu'à la récolte. Le deuxième dispositif permet de suivre l'émergence des adventices par comparaison de huit taux de couverture de stylosanthes et huit taux de couverture de maïs décomposé avec de la dolique. Les résultats obtenus montrent nettement qu'à la fin du cycle cultural les résidus portés en SCV se dégradent jusqu'à 40% de sa masse initiale cas du riz, 45% pour le stylosanthes et 55% en maïs+dolique. En général, en fin de campagne, le pourcentage de résidus de type différent restant dans les litter-bags laissés à la surface du sol est en moyenne de 45% de leur masse initiale. Par contre, il n'en reste que 25% de la masse initiale des résidus enfouis au labour. La quantité d'azote fournie par les résidus varie en fonction de leur nature et non du mode de gestion du sol. Quant à l'émergence des adventices, la différence entre les taux de couverture n'est observée qu'à partir d'un taux de 90% pour les mulchs de maïs+dolique et 99% ceux des stylosanthes. Par rapport à un sol nu, elle est quatre fois moins sur des parcelles couvertes à 99%.

Mots-clés : Adventices, Azote, Dégradation, Labour, Lac Alaotra, Mulch, Systèmes en semis direct sous couverture végétale permanente.

ABSTRACT

This research consists in characterizing the effect of the deterioration of the cover crop on the offer in nitrogen and the emergence of the weeds in the conservation agriculture in the lake Alaotra. It was undertaken on an experimental design set under natural rainfall condition. The first experiment permits to assess the deterioration of the residues of different systems of cultures on plant cover according to two of soil management. The method of the litter-bags was carried out periodically. The results showed that at the end of the cultural cycle, the percentages of deterioration of the residues in direct seeding mulch-based cropping systems were 40% of the initial mass on the rice, 45% stylosanthes, 55% on the maize+dolichos treatment and on the tillage system, it remains only 25% of the residues buried. As for the quantity of nitrogen provided by the residues varies according to their nature and no soil management. The second experiment compared the emergence of weeds on eight cover rates of stylosanthes and eight cover rates of maize+dolichos. No difference is indicated until the cover rate reaches 90% on the mulch of maize+dolichos and 99% those of the stylosanthes. On cover rate reaches 99%, it is four times lower than naked ground.

Keywords: Deterioration, direct seeding mulch-based cropping systems, Lake Alaotra, Mulch, Nitrogen, tillage, Weeds.

INTRODUCTION

Un des défis majeurs de l'activité agricole actuelle est de produire « durablement », c'est-à-dire concilier les nécessités d'une agriculture productive, compétitive et de qualité avec le maintien et l'amélioration du milieu environnant (Machinet., 2009). L'agriculture tient une place très importante dans la vie économique malgache. En effet, ce secteur concerne 80% de la population active et contribue pour 33% à la formation du Produit Intérieur Brute (P.I.B.) (Razafimbelo., 2005).

Une des contraintes majeures de l'agriculture actuelle à Madagascar est la baisse de la fertilité du sol, causée par le lessivage des éléments fertilisants. Ce phénomène est particulièrement marqué sur les hauts plateaux de l'île qui sont caractérisés par une forte pluviométrie et une topographie accidentée qui favorisent l'érosion du sol. Outre les problèmes générés par cette baisse de la fertilité des sols, les plantes adventices restent également des ennemis importants des cultures, l'enherbement entraîne une baisse notable du rendement de culture du riz en l'occurrence, allant jusqu'à une perte de $1,25 \text{ t.ha}^{-1}$ (Rahaniraka., 2000).

Pour aider les producteurs à faire face à ces contraintes, la recherche doit pouvoir concevoir des systèmes agricoles appropriables par les producteurs (Le Gal., 2009) et adaptés à leurs contextes d'action, leurs pratiques et leurs objectifs (Meynard., 2006 cité par Le Gal et al., 2010). Parmi les solutions proposées la recherche et le développement a mis au point localement les SCV ou système de culture en semis direct sous couverture végétale permanente du sol. Dans les systèmes en semis direct (SCV), la gestion de la fertilité (au sens large, y compris la structure du sol et l'alimentation hydrique et minérale), et les adventices se font avant tout par les systèmes de cultures. Ces systèmes sont choisis pour remplir un certain nombre de fonctions écosystémiques et permettre un bon fonctionnement des sols (en particulier sur le plan biologique), assurés par un turn-over important et rapide de la matière organique (Husson et al., 2009).

En SCV, la couverture permanente modifie les caractéristiques morphologiques, physico-chimiques et biologiques du sol et permet la formation d'un horizon de surface aux activités biologiques et à caractère humifère plus important (Azontonde H.A., 2000; Reyes V., 2002). L'enrichissement du sol en matière organique suite à l'intensification de l'activité de la mesofaune et de la microfaune sous l'effet des paillis résiduels favorise le recyclage des minéraux. Cette augmentation de la teneur en matière organique s'accompagnerait de

l'accroissement du taux de carbone et de celui de l'azote (Azontonde H.A., 2000). La reprise du processus biologique de dégradation et de minéralisation des paillis améliore le statut organique du sol sous SCV.

La question générale à laquelle nous que nous tentons de répondre dans cette étude est :

Comment exploiter la capacité des SCV à améliorer le statut organique des sols de part sa faculté de recyclage d'azote pour le rendre plus disponible à la plante cultivée et à contrôler l'émergence des adventices ?

Pour répondre à ce questionnement, tout au long de ce travail de recherche, nous étions amenés à vérifier les trois hypothèses suivantes :

- Hypothèse I: La décomposition des résidus est fonction de leur nature et du mode de gestion du sol, en SCV ou enfoui au labour.
- Hypothèse II: La minéralisation de l'azote organique des résidus est plus rapide sur des parcelles labourées que sur celles conduites en SCV.
- Hypothèse III: Il existe une corrélation négative entre l'émergence des adventices et le taux de couverture du sol. Ceci est valable quel que soit le taux de couverture considéré.

Cette étude cherche à étudier l'effet des résidus en couverture du sol et leur décomposition suivant deux modes de gestion du sol (SCV et labour) sur l'apport en éléments minéraux azotés dans le sol et sur l'émergence des plantes adventices.

Ce manuscrit est subdivisé en quatre grandes parties bien distinctes:

- Une première partie se rapportant à la présentation générale du cadre de l'étude notamment l'URP-SCRID et de l'ISPM,
- Une deuxième partie relative à la synthèse bibliographique donnant un aperçu général sur le Semis direct sous Couverture Végétale permanente du sol (S.C.V.), la dégradation des résidus de récolte ; et sur les adventices dans la région d'Alaotra,
- Une troisième partie exposant les matériels et méthodes adoptés pour vérifier ces deux hypothèses de départ, et
- Une quatrième partie présentant les résultats obtenus après l'expérimentation et les discussions appropriées.

1. PARTIE I : PRESENTATION GENERALE DU CADRE DE L'ETUDE

1.1. Présentation de l'URP SCRiD

Créé en fin 2001, le Pôle de compétence en partenariat (PCP) sur les « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables » (SCRiD), devenu URP (Unité de Recherche en Partenariat) en 2004, associe le FOFIFA, Centre national de la recherche appliquée au développement rural, l'Université d'Antananarivo et le CIRAD.

L'unité est née de la volonté de ces 3 institutions de renforcer leur coopération d'une part, pour assurer l'accompagnement agronomique et économique du développement de la riziculture pluviale sur les tanety, et d'autre part, de promouvoir à la fois une recherche de qualité répondant aux besoins du développement, et la formation sous tous ses aspects.

Le défi majeur de Développement auquel l'unité se propose de répondre, porte sur l'augmentation durable de la production rizicole. Ceci par l'amélioration de la productivité et de la durabilité technique et socio-économique des systèmes pluviaux, lesquels contribuent dans plusieurs régions du pays, en complément des rizicultures aquatiques, à la sécurité alimentaire. En effet, à Madagascar, la demande croissante en riz et l'augmentation de la pression foncière sur les terres inondées liées à la croissance démographique, conduisent au développement d'une riziculture pluviale sur les tanety. Mais, du fait de la fragilité de l'écosystème, ces systèmes pluviaux, s'ils sont conduits avec les techniques conventionnelles de travail du sol, ne permettent pas, de concilier les objectifs de durabilité et de production.

Pour ce faire, l'unité travaille sur 2 innovations majeures : d'une part, la création et la diffusion des variétés de riz pluvial d'altitude issues du programme de création variétale du riz pluvial, initié au milieu des années 70 par le FOFIFA et le CIRAD.

Et d'autre part, la création et la diffusion, par l'ONG Tafa et le CIRAD, depuis une quinzaine d'années, de systèmes de culture à base de semis direct sur couvertures végétales (SCV). Les SCV, assurant une protection permanente du sol et permettant la restauration et le maintien de sa fertilité, devraient ouvrir de nouvelles perspectives de durabilité à cette riziculture pluviale en plein essor.

L'équipe regroupe les compétences suivantes :

- Amélioration variétale
- Physiologie, écophysiologie
- Agronomie

- Entomologie
- Phytopathologie, épidémiologie
- Socio-économie
- Technologie et nutrition

Pour tester ses hypothèses de recherche, l'unité met en œuvre des approches pluridisciplinaires et intégrées. Un renforcement des capacités est obtenu à travers les formations supérieures par encadrement de thèses et de stages développés à partir des thématiques de l'unité. Concernant le partenariat, l'unité a développé un partenariat de développement local. Ses partenaires privilégiés du Développement sont pour la plupart des institutions membres du Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) et d'autres opérateurs de Développement de la région du Vakinankaratra. Ainsi qu'un partenariat scientifique avec des équipes du Nord : CIRAD, IRD, AgroParisTech, INRA, Université Montpellier I, Université d'Hohenheim. L'URP est en outre dotée d'un Comité de pilotage, d'un Comité scientifique et d'une Cellule d'animation et de coordination.

Les zones d'intervention actuelles de l'unité correspondent à celles où se développe surtout le riz pluvial et sont constituées par :

- La région des Hautes Terres et plus particulièrement celle du Vakinankaratra ;
- Le Moyen Ouest du Vakinankaratra et le Bongolava ;
- La région du Lac Alaotra ;
- La partie Sud du versant oriental de l'île (région de Manakara)

Le siège de l'unité se trouve à Antsirabe. Il est hébergé à la station régionale de Recherche du FOFIFA.

La programmation scientifique de l'unité est structurée en 5 grandes questions de recherche :

- Comment optimiser le fonctionnement du sol ?
- Comment améliorer la productivité et la qualité du riz ?
- Comment exploiter la biodiversité végétale pour la protection intégrée du riz pluvial?
- Comment améliorer les processus de conception, et d'évaluation des systèmes de culture durables?
- Comment favoriser la diffusion des systèmes durables ?

1.2. Présentation de l'ISPM

L'ISPM ou Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar est un institut d'enseignement et de recherche ; créé en janvier 1993 par Le Professeur Julien Amédée RABOANARY. Il est agréé par l'Etat selon l'arrêté n°3275 du 19 août 1994 au niveau du Ministère de l'enseignement supérieur.

L'institut a été localisé à Ambatomaro Antsobolo. En tant qu'institut, son objectif est de former à la fin du premier cycle des Techniciens Supérieur (BAC+2) et à la fin du second cycle des Ingénieurs (BAC+5). Tous ces diplômes sont délivrés après soutenance publique de mémoire de fin d'étude.

L'ISPM est composé de cinq départements:

- Département Informatique qui regroupe les filières : Informatique de Gestion, Génie Logiciel et Intelligence Artificielle (IGGLIA) ; Electronique Systèmes Informatiques et Intelligence Artificielle (ESIIA) ; Informatique Multimédia Technologies de l'Information et de la communication (IMTIC);
- Département tertiaire composé des filières : Commerce et Administration des affaires (CAA), Finance et Comptabilité (FIC), Economie et Management des Affaires (EMP), Droit et Technique Juridique des Affaires (DTJA);
- Département touristique regroupant les filières Tourisme et environnement (TEE), Tourisme et Hôtellerie (TEH);
- Département biotechnologie composé des filières : Industrie Agro-alimentaire (IAA), pharmacologie et Industries Pharmaceutiques (PIP), Agriculture et Elevage (AEE) ;
- Département Génie Industriel et Génie Civil incluant les filières : Génie Civil et Architecture (GCA), Electromécanique et informatique Industrielle (EMII), Industrie Chimique Minière et Pétrolière (ICMP);

Depuis l'année universitaire 2007-2008 l'ISPM applique le système LMD (Licence-Maitrise-Doctorat). Sa devise est de FAHAIZANA FAMPADROSOANA FIHAVANANA.

Chaque année a lieu les journées portes ouvertes de l'ISPM auxquelles suivies du salon de l'ISPM durant lequel des expositions des recherches et des projets des étudiants sont à l'ordre du jour.

L'organigramme de l'ISPM se présente comme suit:

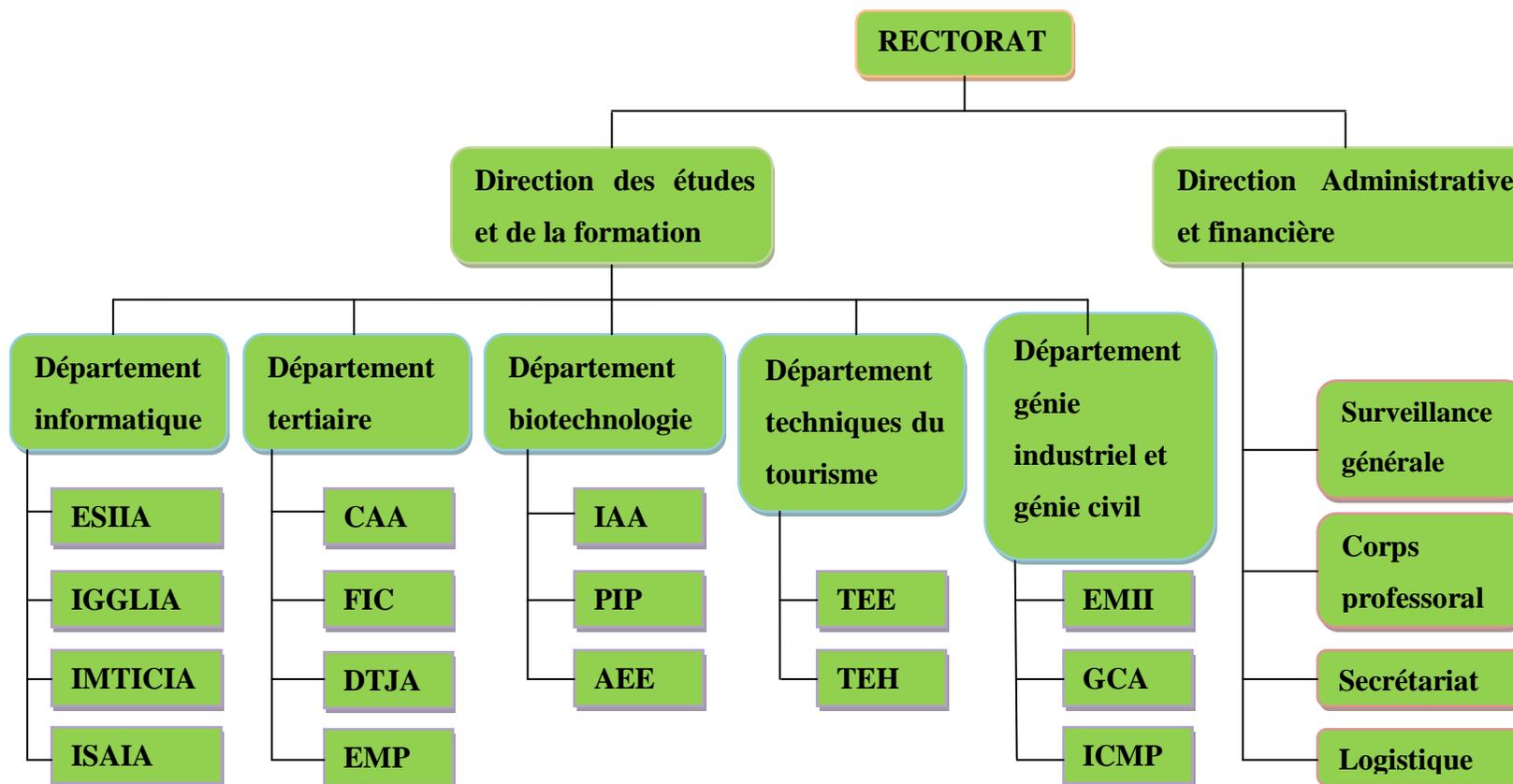


Figure 1 : Organigramme de l'ISPM

2. PARTIE II : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Généralités sur les SCV

2.1.1. Définition et principes des systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente

Le semis direct sous couverture végétale permanente (SCV), un système conservatoire de gestion des sols, consiste à planter une culture sans travail du sol, soit dans les résidus végétaux de précédentes récoltes, appelés couverture morte, soit sur couverture vive constituées par des cultures de second cycle installées en association ou en relai avec la culture principale de premier cycle (Séguy et al., 2001; AFD., 2006).

Sur le plan technique, les systèmes SCV fonctionnent à l'image de l'écosystème forestier et de la prairie, naturellement stables et basés sur une forte activité biologique. Les pertes en nutriments sont les plus faibles possibles (Séguy., 1996., AFD., 2007). Pour s'approcher des caractéristiques des écosystèmes naturels, les systèmes SCV respectent trois principes fondamentaux (Triomphe *et al.*, 2007; FAO., 2008) : (i) l'absence de perturbation du sol (suppression de labour, pas de sarclage mécanique, pas de buttage), (ii) la protection permanente du sol par une couverture vivante ou morte, de telle sorte que les biomasses végétales ne sont pas enfouies dans le sol mais sont conservées en surface et (iii) la combinaison d'espèces cultivées dans le temps (rotations) ou dans l'espace (associations).

2.1.2. Etats de l'art sur les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente

Les systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente ou les systèmes SCV consistent à installer des plantes productrices de biomasses qui constituent un *mulch* végétal permanent vivant (plantes de couverture ou en anglais « *live mulch* »), ou mort (résidus de cultures, adventives rabattues ou en anglais « *dead mulch* ») dans lequel est semée directement la culture principale (Séguy., 1996). Seul un petit sillon ou un trou est ouvert, de profondeurs et de largeurs suffisantes, avec des outils spécialement conçus à cet effet comme une canne planteuse manuelle ou un simple bâton, pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol (Séguy., 1999 ; AFD., 2007).

Le terme SCV est synonyme de l'agriculture de conservation (AC) telle que définie par la FAO. L'AC présente un grand potentiel pour tous les types d'exploitations agricoles et d'environnements agro - écologiques. Elle est d'un grand intérêt pour les petites exploitations ; celles dont les moyens de production limités ne permettent pas de lever la forte contrainte de temps et de main d'œuvre constituent une cible prioritaire. C'est un moyen de concilier la

production agricole, l'amélioration des conditions de vie et la protection de l'environnement. L'agriculture de conservation ne doit pas être confondue avec l'agriculture biologique. Pour la première, l'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques est autorisée.

2.1.3. Effets des systèmes SCV sur la conservation et restauration des sols agricoles

Généralement, à fort pouvoir d'enracinement, les plantes de couverture jouent d'autres multiples fonctions agronomiques, écologique, complémentaires de celles des cultures commerciales principales (Anderson et al., 1989 ;Séguy et al., 2003). En puisant par ses systèmes racinaires, l'eau et les éléments minéraux entraînés par lixiviation en profondeur, elles recyclent des minéraux, jouant ainsi le rôle de « pompes biologiques » (Séguy et al., 2001), Elles restructurent également le sol en agrégats par le biais de ses systèmes racinaires, Elles font également obstacle au développement des mauvaises herbes et elles maintiennent l'humidité (Husson *et al.*, 2009), Elles augmentent la teneur en matière organique du sol (Razafimbelo., 2005), améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Dans ce contexte, elles constituent un moyen efficace pour lutter contre la dégradation du sol et participe à améliorer sa fertilité (Collectif SOL-SCV., 2008), Elles jouent le rôle de couverture thermique. En fait, la couverture protège le sol du rayonnement solaire et limite les pertes de chaleur par rayonnement pendant la nuit. La température du sol sous une couverture végétale est donc tamponnée, et l'amplitude thermique y est limitée (Seguy *et al.*, 2009), Elles peuvent être intégrés avec l'élevage en fournissant de la nourriture pour les bétails, Elles induisent une accumulation du carbone dans les sols, carbone provenant via les restitutions végétales, du gaz carbonique (CO₂) de l'atmosphère. Elles exercent donc ce que l'on appelle la « séquestration du carbone » dans le cadre de la réduction globale des gaz à effet de serre de l'atmosphère (Collectif « SOL-SCV »., 2008).

2.1.4. SCV au Lac Alaotra

La diffusion des systèmes SCV a démarré au lac Alaotra à partir de 1998-1999, mais le lancement de la diffusion de manière significative a débuté lors de la campagne 2003-2004 avec le démarrage effectif du projet « Protection et mise en valeur des bassins versants du lac Alaotra» (BV Lac) (Buresi J. M., 2006). Le nombre des paysans adoptants et les surfaces mises en SCV n'ont cessé de croître au fil des campagnes agricoles (Domas Randriamalala H., 2009). Les demandes d'appuis et de conseils techniques pour l'adoption des systèmes SCV sont élevées. Plusieurs systèmes de culture déjà testés par TAFSA et adaptés aux différentes conditions pédoclimatiques et socio-économiques rencontrés au Lac Alaotra ont été ainsi vulgarisés (Charpentier H et *al.*, 2000).

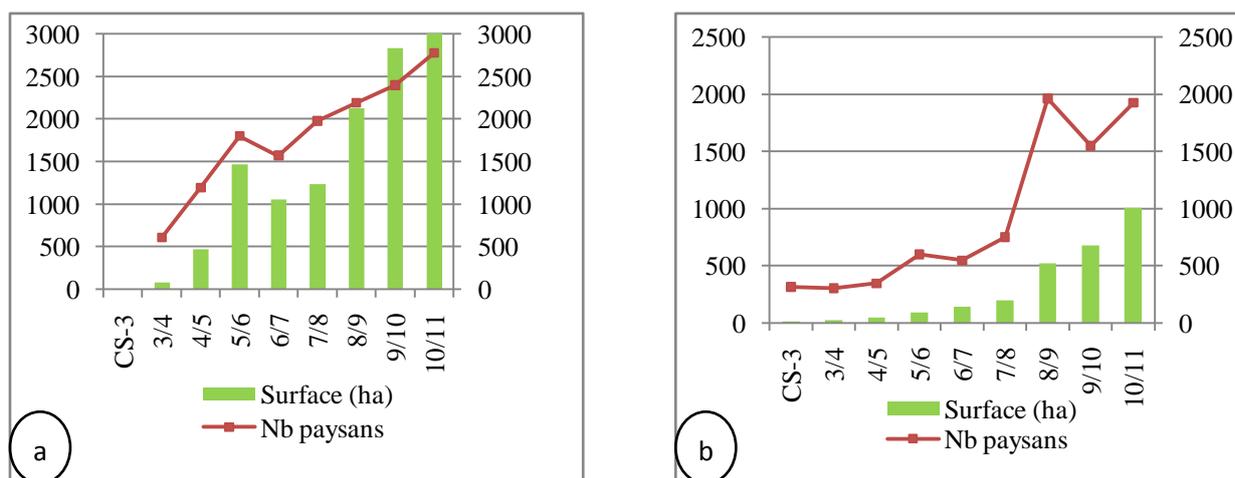


Figure 2 : Evolution de surface en SCV et de nombre des paysans adoptant le SCV au Lac

Alaotra (a) : cas de saison de culture – (b) : cas de contre saison

Source : Joachin, Expert SCV au BVlac détaché par GSDM

2.2. Décomposition des résidus

2.2.1. Définition de la matière organique du sol (MOS)

Les MOS sont, par opposition aux constituants minéraux, toutes les substances biologiques d'origine végétale ou animale présentes dans le sol y compris les microorganismes du sol (J.Boiffin., 1975).

La matière organique est constituée principalement de carbone, et d'autres éléments tels que l'azote, l'oxygène et l'hydrogène, le phosphore, le soufre... (Machinet., 2009).

Par centrifugation on sépare deux fractions différentes dans la (MOS) : (i) la matière organique libre ou labile, constituée de petits débris juxtaposés aux particules du sol. Elle peut rapidement minéralisée ou humifiée sous l'action des microorganismes (faible stabilisé), (ii) la matière organique liée, étroitement associée aux éléments minéraux, les imprégnant comme une sorte de teinture. Son taux annuel de minéralisation est faible (forte stabilité). On appelle humus la fraction biologique stable des matières organiques liées, constituant le plus important du sol (Rakotoarisoa., 2011).

2.2.2. Mécanismes généraux et facteurs de décomposition de la matière organique

Par définition, la décomposition d'une matière organique est sa dégradation physique et chimique impliquant une transformation de la matière organique initiale en molécules organiques plus simples. La dégradation est, quant à elle, la décomposition par voie enzymatique des matières organiques sous l'action des microorganismes. Dans les sols agricoles, la dégradation des matières organiques s'effectue *via* les microorganismes du sol qui utilisent le carbone organique comme source énergétique (Heal et al., 1997).

Le taux de décomposition de la matière organique dans les sols est lié à de multiples facteurs, dépendant de la nature des matières organiques (facteurs intrinsèques) et des conditions de l'environnement (facteurs extrinsèques), qui agissent sur l'activité des microorganismes du sol impliqués dans le processus de décomposition.

Les caractéristiques intrinsèques de la matière organique sont un des principaux facteurs qui influencent largement leur décomposition dans les sols (Heal et al., 1997).

La qualité chimique de ces résidus dépend de nombreux facteurs, notamment type de plante (espèce), d'organe, du degré de maturité et des conditions de croissance du végétal (Sariyildiz and Anderson., 2003). Les résidus riches en sucres, amidons et protéines à ratio C/N bas, se décomposent beaucoup plus rapidement que ceux riches en hémicellulose et cellulose, au ratio C/N plus élevé. Les plus grosses molécules, surtout les polyphénols et les lignines, avec leurs noyaux aromatiques, se décomposent beaucoup plus lentement (Seguy et al., 2009).

Les principaux facteurs extrinsèques déterminant la décomposition des matières organiques dans les sols sont l'humidité, la température, le pH du sol, les conditions d'aération, la disponibilité en nutriments (Parr and Papendick., 1978 ; Swift et al., 1979).

Le labour accélère aussi les processus de minéralisation en fragmentant les résidus, en déstructurant les macroagrégats, en créant un apport brutal d'oxygène et en rendant possible l'élévation de la température du sol. La vitesse de minéralisation n'est alors limitée que par l'humidité et/ou la température (Seguy et al., 2009).

Le processus de minéralisation conduit à la destruction d'une partie de la matière organique. Les molécules organiques sont transformées en éléments simples : gaz carbonique (CO₂), azote minéral et éléments minéraux. Ce sont surtout les microorganismes qui effectuent ces transformations.

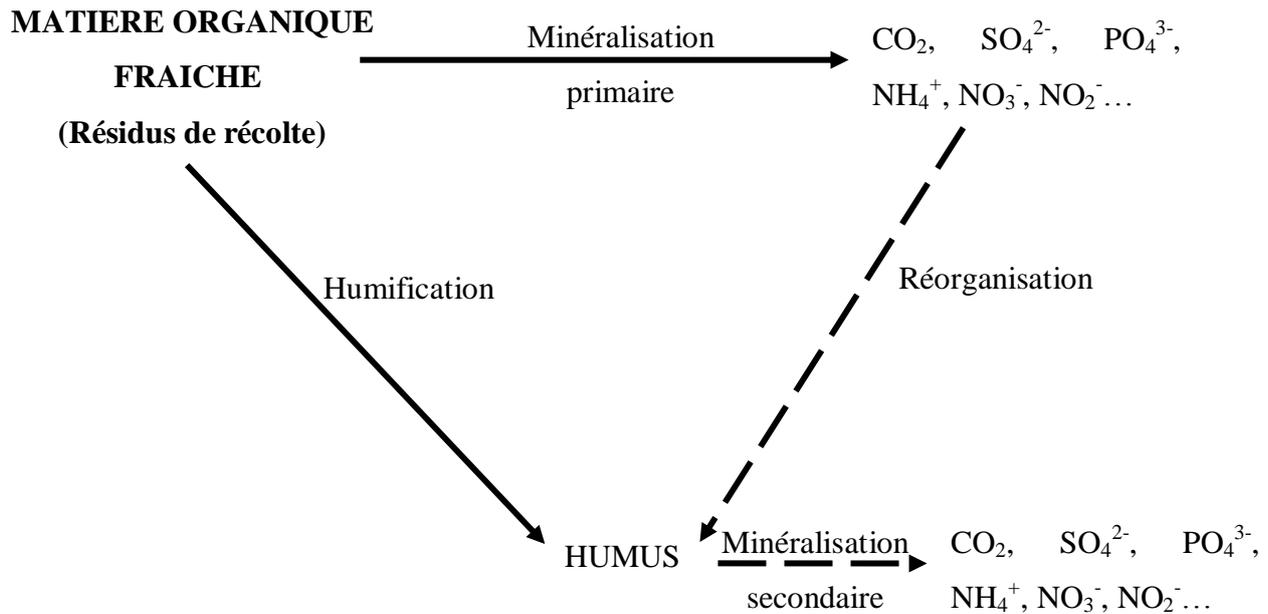


Figure 3 : Décomposition de la matière organique fraîche : humification et minéralisation

Source : P. Duchaufour., 2001

Les transformations subies par les matières organiques sont du fait de la matière organique vivant (mésosfaune et microfaune). Deux transformations ont lieu :

La minéralisation primaire : décomposition de la matière organique fraîche en composés minéraux solubles assimilables par la plante.

L'humification : formation de macromolécules complexes (composés humiques) constituant l'humus, qui est dégradé à plus long terme (minéralisation secondaire).

Inversement, l'azote minéral (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) du sol peut être assimilé et transformé en azote organique par les microorganismes du sol pour leur croissance: c'est la **réorganisation** de l'azote minéral.

2.2.3. Processus de minéralisation de l'azote organique dans le sol

Les principaux processus de transformation de l'azote dans le sol au cours de la biodégradation de la matière organique telle que les résidus de culture sont étroitement associés aux processus de transformation du carbone par la biomasse microbienne.

Il existe plusieurs formes d'azote minéral :

- l'azote ammoniacal NH_4^+ forme la plus réduite de l'azote issu de l'ammonification de l'azote organique par les microorganismes et enzymes extracellulaires. L'ammonium peut être oxydé en nitrite NO_2^- (nitritation) puis en nitrate NO_3^- (nitratation) par les microorganismes autotrophes du sol des genres *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* qui utilisent le CO_2 comme source de carbone. La « nitrification » (nitritation + nitratation) est optimale en aérobose stricte et

pour des pH du sol variant de 6.9 à 9 (Nicolardot et al., 1997). L'azote ammoniacal peut être volatilisé sous la forme NH_3 dans l'atmosphère. La volatilisation est étroitement liée aux conditions du sol (pH, capacité d'échange, porosité), à son humidité (concentration de la solution du sol) et aux conditions climatiques (pluviométrie, température) (Sommer et al., 1991).

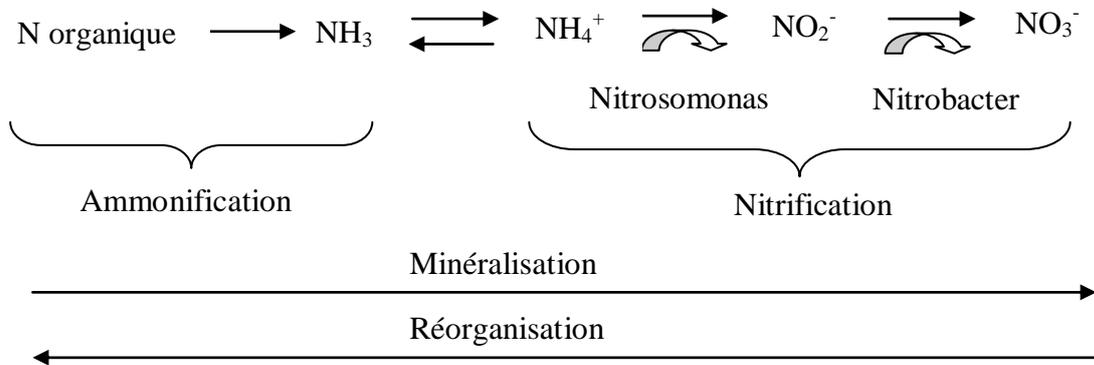


Figure 4 : Dynamique de la minéralisation de l'azote dans le sol

Source : Duguet., 2005

L'azote ammoniacal peut aussi être absorbé par les plantes, et assimilé par les microorganismes hétérotrophes du sol (organisation microbienne) ;

- l'azote nitreux NO_2^- forme de transition, résultant de l'oxydation de NH_4^+ en azote nitrique NO_3^- ;

- l'azote nitrique NO_3^- forme la plus oxydée de l'azote. Le nitrate peut être absorbé par les végétaux, ou lessivé par transport avec l'eau dans le sol et être à l'origine des pollutions des nappes phréatiques (lessivage), assimilé après réduction par les microorganismes hétérotrophes (organisation microbienne). Il peut aussi être réduit en oxydes d'azote (NO , N_2O) et azote gazeux N_2 par les microorganismes. Ce phénomène est la «dénitrification» (Cellier et al., 1997). L'intensité de la dénitrification dépend principalement : (i) du degré d'anaérobiose, étroitement lié au régime hydrique des sols, (ii) de la disponibilité des matières organiques assimilables, source de pouvoir réducteur, (iii) et de la concentration en nitrate, substrat de la transformation, et de la température qui régule l'intensité des réactions de la dénitrification (Cellier et al., 1997).

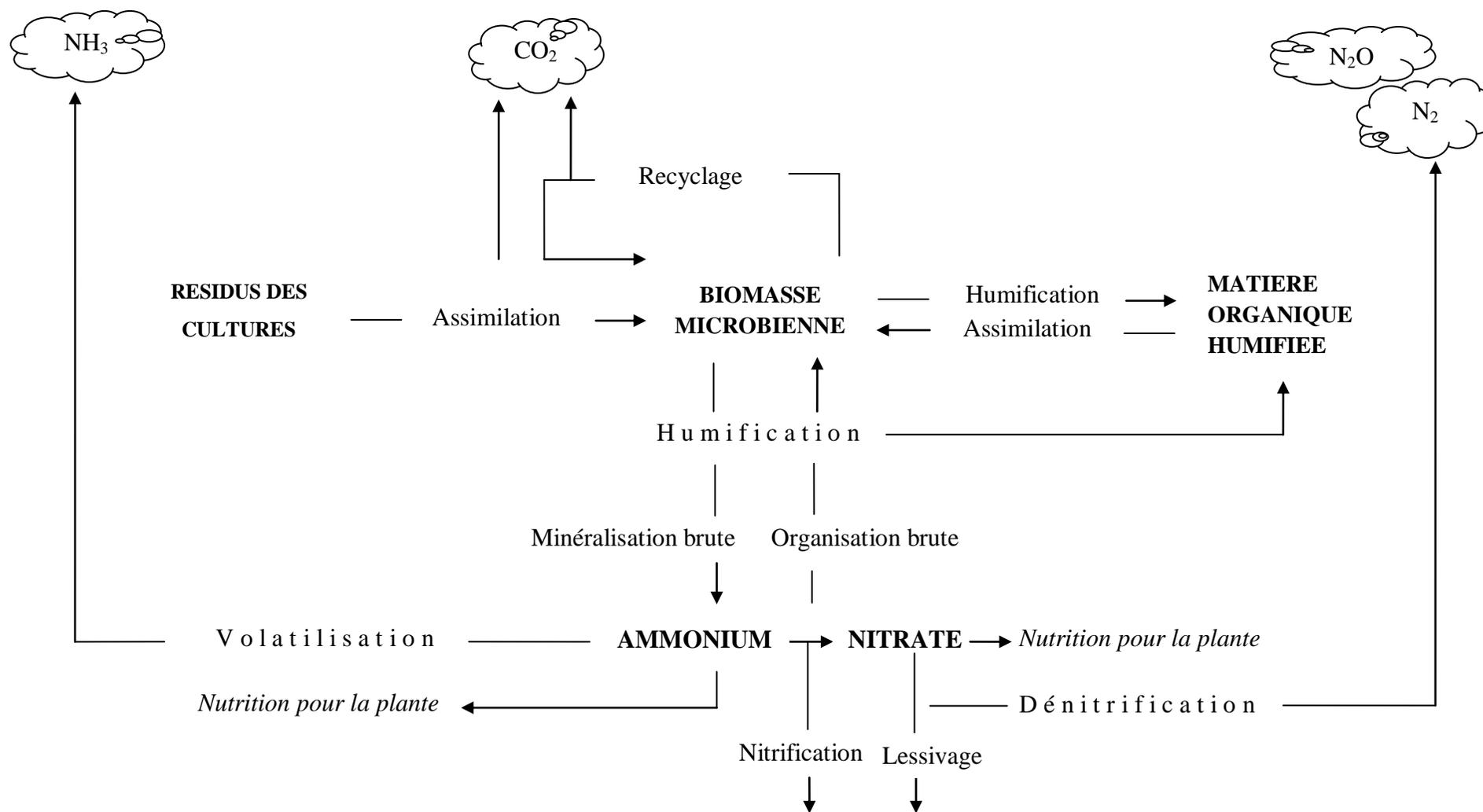


Figure 5 : Représentation schématique des processus interdépendants de l'assimilation de la minéralisation de l'azote dans le sol

Source : Machet et al., 2004

2.2.4. Influence des résidus de culture sur les propriétés physico-chimiques des sols

La matière organique du sol influence les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Elle assure le maintien de la structure et de la stabilité des sols en participant au processus d'agrégation et constitue un réservoir de substances nutritives pour les microorganismes et les végétaux (Oades., 1984). Elle contribue à la fertilité chimique du sol en fournissant, au cours de leur biodégradation, des éléments nutritifs indispensables à la nutrition des plantes (comme l'azote, le phosphore, le soufre, et d'autres microéléments) et de l'énergie pour les microorganismes (sous forme de carbone). L'apport de résidus de culture dans les sols va contribuer à enrichir la teneur en matière organique du sol et renforcer la fertilité chimique du sol (Moyin-Jesu ., 2007). La matière organique augmente la capacité de rétention en eau des sols, limite la compaction et contribue à la structuration et à l'amélioration de la stabilité structurale des horizons de surface. En résumé l'apport de résidus de culture dans les sols agricoles : (i) augmente la rétention en eau des horizons de surface du sol (Duiker and Lal., 1999), (ii) limite la compaction du sol (Hamza and Anderson., 2005), et (iii) améliore la structure du sol (Martens., 2000).

2.2.5. Effets des SCV sur les mécanismes de la décomposition des pailis

A l'inverse des systèmes conventionnels, le semis direct sur couverture végétale permanente se caractérise par : une minéralisation régulière et ralentie du fait de la non perturbation de la litière (pas de fractionnement mécanique des résidus, protection des différentes couches d'apports successifs à la vitesse de décomposition variée et peu exposées aux processus microbiens, pas de flux d'oxygène brutaux, température tamponnée) (Séguy *et al.*, 2009).

D'autres études ont montré que les organes de la plante (racines, tiges, feuilles) composant de la biomasse des pailis définissent leur qualité suivant leur composition biochimique. Le processus de décomposition de cette biomasse des pailis ne dépend que du type d'organes de leur provenance mais ne diffère pas en fonction de leur localisation initiale, en surface en SCV ou incorporée au sol en labour (Abiven *et al.*, 2002).

Néanmoins Coppens en 2005 a affirmé que la vitesse de décomposition des résidus en surface est plus lente que celle de ceux incorporés au sol en labour à cause des différences dans la disponibilité en eau et des nutriments en ces deux situations.

2.3. Les adventices au lac Alaotra

2.3.1. Définition

D'après le dictionnaire Larousse 2009, un adventice est une plante qui pousse spontanément dans une culture dont la présence est plus ou moins nocive à celle-ci. Les adventices entrent en concurrence avec la culture pour la lumière, les éléments minéraux et la ressource hydrique (Prieur., 2010).

Les adventices sont reconnus pour être la plus grande menace dans les cultures biologiques. Elles sont les principaux obstacles à la production selon les agriculteurs, conseillers et chercheurs (Turner et al., 2006). D'ailleurs, elles sont un des principaux freins pour la conversion des systèmes de production (Barberi., 2001).

Des recherches sur le développement important des adventices ont été effectuées dans la Région d'Alaotra Mangoro depuis 1986. Celles-ci se sont surtout concentrées sur les rizières (Randriamampianina., 1991).

Sur les rizières les notations visuelles ont porté sur « *Ischaesum rugosum* » et « *Cyperus rotendus* » classés parmi les monocotylédones (Rahaniraka ., 2000) tandis que sur les tanety divers dicotylédones, comme « les *amaranthus spp* », « *Sida sp* » et quelques espèces de monocotylédones telles « *Eulisine indica* » règnent (Rasolofo., 2011).

2.3.2. Facteurs de prolifération des adventices

La pression des adventices est fonction de nombreux facteurs : climat, position sur la toposéquence (régime hydrique), niveau de fertilité du sol et apports de fertilisation, précédents cultureux et itinéraires techniques sur les cultures précédentes, etc. (Husson et al., 2009). La prolifération des adventices dépend principalement : (i) de leur classe (monocotylédone ou dicotylédone), (ii) de leur mode de reproduction (soit par bulbes, soit par graines, soit par stolons). La présence des adventices est forte en particulier en cas d'apport d'engrais, car s'il favorise aussi la croissance des adventices.

2.3.3. Impact des adventices sur les cultures

Même à faibles densités, les adventices peuvent être préjudiciables en produisant des graines qui augmenteront le stock semencier du sol et germeront dans les cultures suivantes. Les dégâts occasionnés par les adventices sur une culture sont de deux ordres (ITAB., 2005). La nuisibilité primaire, c'est-à-dire les effets indésirables de la flore adventice sur le produit final : (i) Perte de rendement ; (ii) Perte de qualité, la nuisibilité secondaire concerne plutôt les dommages indirects impactant la culture suivante : (i) Refuge pour certaines maladies ou parasites de la culture, (ii) augmentation du stock de semences dans le sol.

2.3.4. Moyens de lutte disponible

L'ensemble de l'itinéraire technique doit être adapté pour maîtriser au mieux l'enherbement et éviter que les adventices entrent en compétition avec les plantes, que ce soit pour l'eau, la lumière ou les éléments nutritifs. Dans le cas où les moyens de contrôle des adventices sont limités (en particulier la main d'œuvre aux périodes critiques, l'accès aux herbicides et/ou leur maîtrise technique), On choisira de préférence de mettre en place des cultures et des associations faciles à désherber manuellement ou chimiquement (si disponible), et des espèces/varieties au démarrage rapide afin de couvrir le sol (et les adventices) au plus vite (Husson et al., 2009).

Actuellement au Lac Alaotra seuls trois méthodes de luttés sont les plus pratiqués par les paysans comme : la submersion des rizières, le désherbage chimique avec le 2,4-D ou glyphosate: sauf que leurs emploi sont limités par leur coût élevé, le sarclage manuel ou mécanique qui varie suivant le système de culture appliqué. Cette méthode est souvent limitée par l'emploi important de main d'œuvre.

2.3.5. Contrôle des adventices en SCV

L'année zéro de préparation des SCV doit permettre de contrôler totalement les adventices vivaces par labour et utilisation d'herbicides sélectifs des cultures, et de constituer la couverture végétale épaisse qui assurera le contrôle des adventices annuels par la suite (Husson et al., 2009). Le contrôle des adventices annuels exige un paillage de façon à recouvrir rapidement le sol, alors qu'il est assuré avant tout par la couverture végétale dans des systèmes SCV installés, et ne demande plus qu'un travail minime (Husson et al., 2009). Ce contrôle des adventices par la couverture végétale dépend de la quantité et de la biomasse produite et maintenue au sol (Seguy *et al.*, 2009).

Si la couverture est insuffisante, il faut apporter soit des herbicides sélectifs, soit des herbicides totaux de manière localisée, soit recourir à l'arrachage manuel. Le recours au binage ou à un autre travail du sol, même superficiel, est déconseillé parce qu'il modifie la dynamique de la matière organique, accélère la décomposition de la couverture et fait remonter les graines d'adventices en position favorable à leur germination (Séguy *et al.*, 2009).

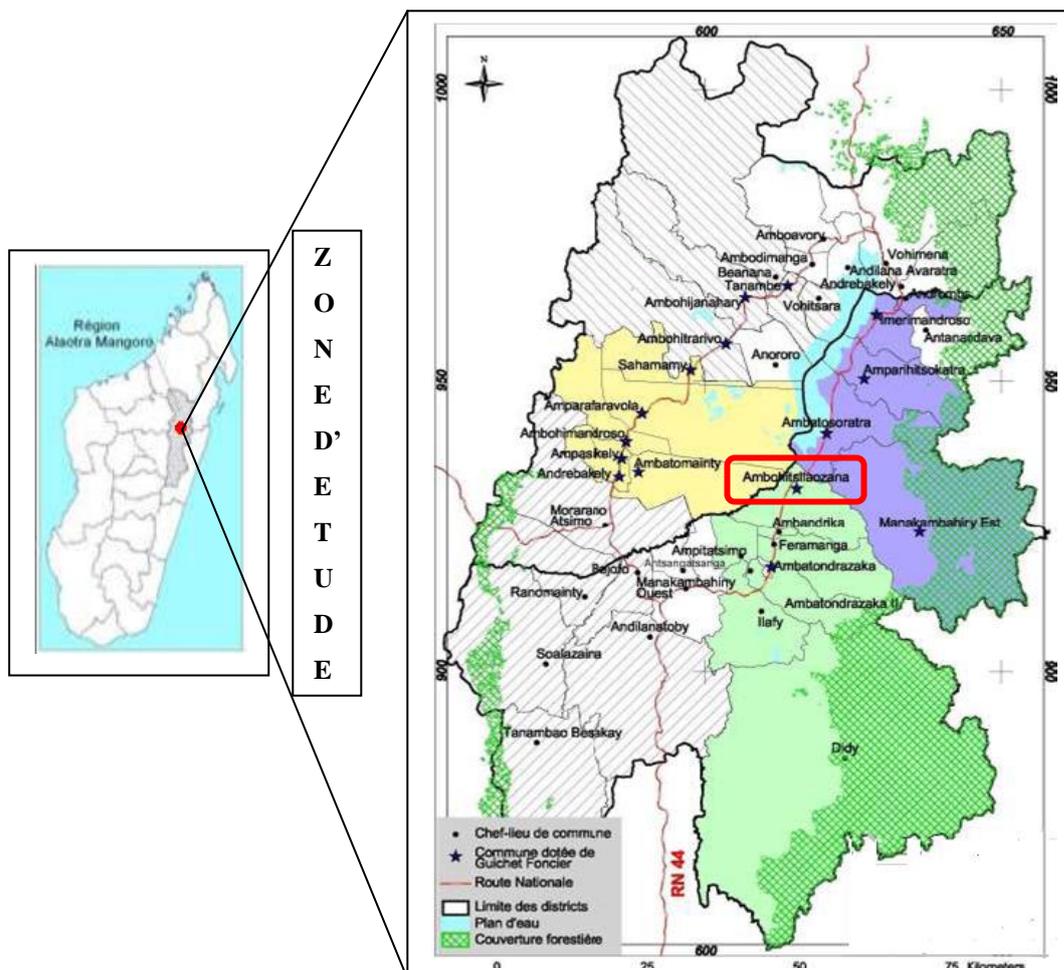
3. PARTIE III : MATERIELS ET METHODES

3.1. Présentation du milieu d'étude

3.1.1. Situation géographique

La région du lac Alaotra est une cuvette à vaste dépression située à 270 km au Nord Est de la capitale à 760 m d'altitude sur les hautes terres centrales de Madagascar, entre les 17°02' et 18°10' de latitude Sud et 48°00' et 48°40' de longitude Est.

Le lac est entouré par une zone marécageuse de 35 000 ha environ, recouverte par une végétation dense de Cypéracées (les Zozoro) (*Cyperus madagascariensis*) croissant sur un épais sol tourbeux et soumise aux fluctuations des eaux du lac. La plaine proprement dite est entourée de collines ou tanety, faiblement cultivées (Ducrot., 1996). En revanche la plaine hydromorphe est pratiquement entièrement rizicultivée.



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : BV-Lac, 2010

3.1.2. Climat

La région du lac Alaotra est marquée par un climat tropical humide et tempéré par l'altitude. Le climat est caractérisé par deux saisons nettement marquées, la saison humide et la saison sèche. Il y a donc alternance d'une saison chaude et pluvieuse de novembre à mars (5 mois), pendant laquelle se concentrent plus de 80% des précipitations annuelles, et d'une saison sèche marquée d'avril à octobre (7 mois).

La température moyenne annuelle varie de 18°C au mois de juillet à 24°C au mois de janvier, avec une pluviométrie totale annuelle de 1100mm.

Les données climatologiques prélevées durant dix ans (2000 à 2012) fournies par la station météorologique du CRR-ME au sein du centre Ambohitsilaozana permettent d'élaborer la courbe ombrothermique de Gausse ($P \leq 2T$) (fig).

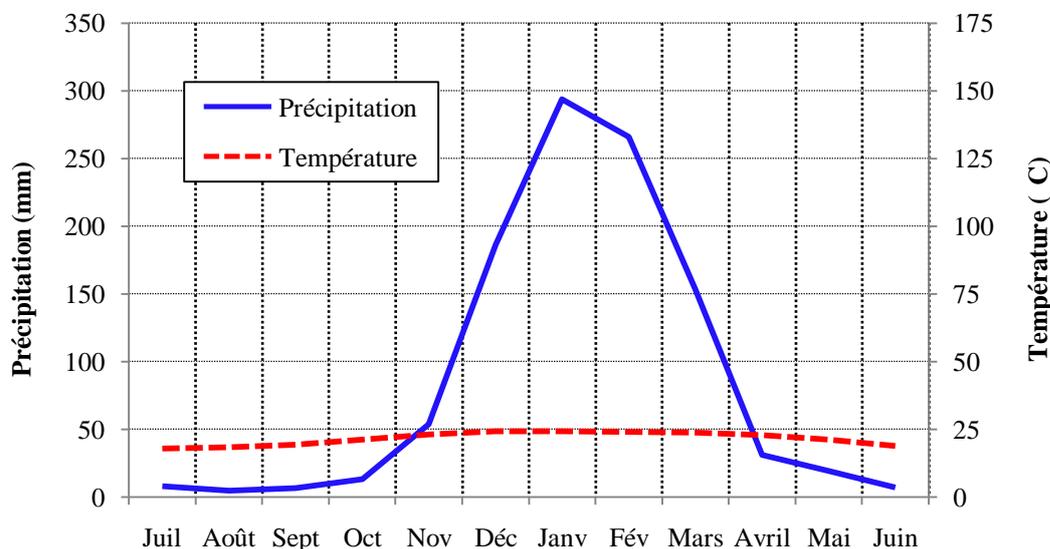


Figure 6 : Courbe ombrothermique

Source : Station météorologique du CRR-ME Ambohitsilaozana

3.1.3. Relief

Le relief est surtout marqué par le fossé de l'Alaotra qui est un vaste plateau intermédiaire, situé au milieu des plateaux de la région centrale de Madagascar avec une altitude moyenne de 700 m. Des massifs latéritiques forment les abords des bassins versants, lesquels couvrent une superficie de 7 000 km² environ. Dans la zone la plus basse de la cuvette se trouvent les eaux libres du lac, sur une superficie de 200 km² mais d'une faible profondeur (entre 2 et 3 m). Les plaines rizicultivées qui l'entourent ont été récupérées sur les marais et ont fait l'objet d'aménagements hydro-agricoles traditionnels et modernes pour la culture irriguée (Ministère de l'Agriculture., 2001).

3.1.4. Sols

La partie sommitale de la zone présente des sols évolués de type *ferrallitiques*. Dans l'ensemble, il s'agit de sols rouges et de sols jaunes sur rouges, caractéristiques des régions chaudes et humides. Toutefois, des carences en potassium et en phosphore sont à craindre (Raunet., 1999). Ces sols sont en général peu perméables et sont sensibles au ruissellement. Ils sont donc particulièrement érosifs. L'altération chimique du substrat géologique est très poussée et entraîne une importante épaisseur du sol surtout sur les bas fonds, ils conviennent particulièrement aux rizicultures (Raunet., 1999). Les alluvions représentatives *des baiboho* restent sur les parties basses où il y a écoulement des eaux de ruissellement. Des vastes superficies cultivables, plus particulièrement les *tanety* sont devenues pauvres et dégradées. Pourtant, du fait du phénomène d'érosion des *sols tourbeux* et des *sols hydromorphes* (minéraux et organique : sols les plus favorables pour la riziculture) se développent dans les rizières (Raunet., 1999).

3.1.5. Activités Agricoles

En tant que grenier à riz de Madagascar, l'agriculture de la région d'Alaoatra est basée sur la riziculture. Et en même temps, les paysans malgaches adeptes de la polyculture pratiquent de nombreuses cultures pluviales sur *tanety* comme le maïs, les légumineuses alimentaires (haricot, soja, arachide, etc.) et les tubercules, en vue d'assurer leur sécurité alimentaire. Dans cette région, ils cultivent également des arbres fruitiers (litchis, mangues, bananes etc.).

La riziculture va de pair avec l'élevage bovin extensif de race locale (zébus). En effets, les bovins sont surtout exploités pour leur force de travail. D'un autre côté, le petit élevage de volailles (oie, poules) et de porc subsiste toujours pour faire office de trésorerie. Enfin, la pêche est surtout pratiquée par les paysans immigrés sans terre (Durand et Nave., 2007).

3.2. Dispositifs expérimentaux :

L'expérimentation s'est déroulée dans la commune d'Ambohitsilaozana, à 15Km au Nord d'Ambatondrazaka, sur les parcelles de recherche de FOFIFA, en bordure de la rive Sud-Est du lac Alaotra. L'expérimentation est conduite sous des conditions naturelles.

Deux dispositifs expérimentaux ont été mis en place en fin novembre 2011, l'un est utilisé pour le suivi de la dégradation des résidus de différents systèmes de culture sur couverture végétale selon le mode de gestion du sol tandis que l'autre pour évaluer l'effet des paillis sur l'émergence des adventices.

3.2.1. Dispositif expérimental sur le suivi de la dégradation des résidus de différents systèmes de cultures sur couverture végétale selon le mode de gestion du sol

3.2.1.1. Description du dispositif :

Le dispositif expérimental se trouve à 2Km du Centre Régional de Recherches du FOFIFA au Moyen-Est (CRR ME). Ce dispositif était déjà mis en place depuis 2008 sur une surface totale de 2 ha dont le but est de maîtriser et perfectionner les systèmes de culture sous couverture végétale.

Au début toute la superficie de l'essai était cultivée avec de la dolique ou *Dolichos lablab*. Ce n'est qu'en 2009 que différents systèmes de cultures ont été mis en place.

Ce dispositif comporte des parcelles d'expérimentation avec quatre répétitions dont chacune est respectivement nommée *bloc I*, *bloc II*, *bloc III* et *le bloc IV*. Chaque bloc se subdivise en 30 parcelles de 10m de long sur 10m de large donnant la forme d'un carré de 100m² de superficie. La délimitation a été faite en fonction des modes de gestion des sols et celui des systèmes de culture (plan du dispositif cf annexes 4).

En effet, le dispositif abrite :

- Deux types de système de culture en rotation :
 - Maïs+stylosanthes//Stylosanthes// Riz
 - Maïs+dolique// Riz
- avec trois modes de gestion du sol :
 - SCV
 - Labour sans restitution (LSR)
 - Labour avec restitution (LR)
- et deux niveaux de fertilisations sont employés sur chaque bloc :
 - F1 : Aucune fertilisation
 - F2 : Fertilisation minéral et organique

3.2.1.2. Systèmes étudiés :

Deux grands systèmes sont comparés, à savoir les systèmes conventionnels de labour (Lab) et les systèmes en semis direct sur couverture végétale (SCV). Ces deux états différents de sol sont choisis ainsi pour : évaluer la décomposition des résidus en SCV et en labour et aussi à comparer la décomposition des différents types de résidus en SCV et les effets de l'enfouissement des résidus en parcelles labourées sur la décomposition. Les caractéristiques de tous les systèmes étudiés sont résumées dans le tableau I.

Tableau 1 : Caractéristiques des systèmes étudiés

Systèmes	MDG	Culture principale	TC	Fertilisation	N° parcelle
SCV _{M+S}	Semis direct	Maïs + Stylosanthes	Paille de Riz	F1	1
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Maïs+dolique	F1	14
LB _R	Labour	Riz	Néant	F1	16
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Stylosanthes	F1	20
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Stylosanthes	F1	40
SCV _{M+S}	Semis direct	Maïs + Stylosanthes	Paille de Riz	F1	44
LB _R	Labour	Riz	Néant	F1	55
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Stylosanthes	F1	56
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Maïs+dolique	F1	67
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Stylosanthes	F1	80
SCV _{M+S}	Semis direct	Maïs + Stylosanthes	Paille de Riz	F1	81
LB _R	Labour	Riz	Néant	F1	90
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Maïs+dolique	F1	102
LB _R	Labour	Riz	Néant	F1	103
SCV _{M+S}	Semis direct	Maïs + Stylosanthes	Paille de Riz	F1	105
SCV _R	Semis direct	Riz	Paille de Stylosanthes	F1	111

+ : Association, MDG : Mode de gestion, TC : type de couverture

3.2.1.3. Dégradation des résidus par la méthode des Litter-bags : Suivi de la dégradation des résidus par la méthode des litter-bags (LB) :

Pour ce faire, un suivi de la dégradation des résidus par la méthode des litter-bags est effectué périodiquement depuis le début de la campagne agricole 2011-2012 jusqu'à la récolte.

3.2.1.4. Description de la méthode de litter-bag (LB):

Plusieurs études dans le domaine du suivi de la dégradation de substrat dans le sol utilisent la méthode de LB : TSBF (Tropical Soil Biologie and Fertility, programme de recherche) (Autfray P.,2002). Le sac de décomposition permet de récupérer les résidus en cours de dégradation. Sa maille de 1mm de coté n'affecte pas l'activité des faunes du sol (micro et mésofaune) (Autfray P., 2002).Les résidus sortent du sac quand ils sont réduits à une

taille inférieure à celle des mailles du sac. Ainsi notre recherche s'est limitée à la mesure de cette perte mais nous ne savons pas comment la minéralisation se poursuit dans le sol.

3.2.1.5. Quantification de la biomasse résiduelle :

En début de cycle, avant l'installation de la culture, sur chaque parcelle correspondante à chaque niveau de fertilisation, mode de gestion du sol et du système de culture ; la totalité de la biomasse résiduelle telle que le Stylosanthes, riz et maïs+dolique a été évaluée selon les différentes étapes suivantes:

- Se placer à 1m de la bordure de la parcelle et installer des piquets jusqu'à obtention d'une forme carrée de 4m² de surface (2m x 2m) par parcelle,
- Prélever la totalité de la biomasse résiduelle de chaque placette dans un sac,
- Peser séparément chaque résidu et noter leurs poids frais respectifs,
- Remettre ces résidus sur la placette, les biens mélangés pour obtenir une biomasse homogène puis prendre un échantillon,
- Effectuer des échantillonnages de 0,2Kg. Tous les résidus frais ont été pesés séparément sur terrain par catégorie puis séchés à l'étuve à 70°C pendant 48h pour avoir le poids de la matière sèche. Les poids frais et les poids secs à la sortie de l'étuve sont successivement notés. Ce qui a permis de disposer du rendement en biomasse par parcelle et la proportion que représente chaque catégorie par rapport à la biomasse totale,
- Garder un échantillon par catégorie, avoir bien étiqueter pour l'analyse de l'Azote (N) et,
- Enregistrer les résultats (estimation du rendement en biomasse de résidus en tonne (t) de MS/ha).

3.2.1.6. Préparation, remplissage et mise en place des litter-bags :

3.2.1.6.1. Préparation des litter-bags

Les litter-bags de forme rectangulaire ont été confectionnés avec de la toile moustiquaire synthétique, de préférence souple, de couleur verte à 1mm x 1mm de maillage, d'une superficie de 0,05m² (0,2 x 0,25m environ), cousue avec du fil plastique, qui seront remplis par la suite avec les résidus à dégrader.



Cliché 1 : Un litter bag rempli d'un mélange de résidus de Maïs+Dolique

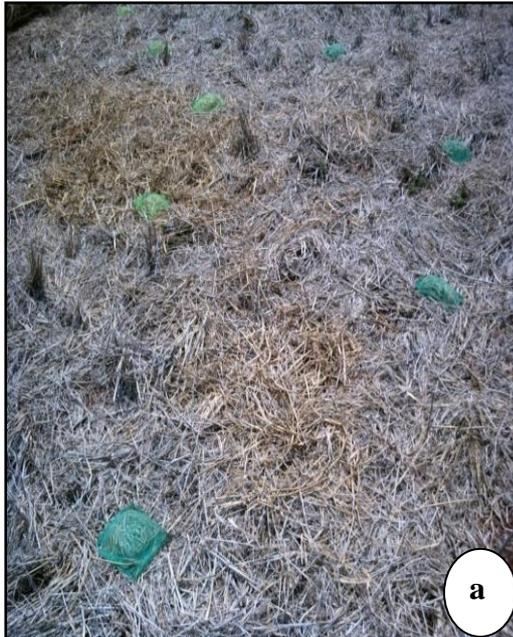
3.2.1.6.2. Remplissage

Les litter-bags ont été remplis avec le mélange de différentes catégories de résidus, dont la quantité est fonction de la proportion de la quantité de chaque catégorie, par rapport à la totalité de la matière sèche totale de la biomasse résiduelle totale prélevée.

La quantité de biomasse dans les litter-bags correspondant à chaque parcelle, se différencie pour chaque système en fonction de la quantité de la biomasse initiale prélevée.

3.2.1.6.3. Mise en place

Les litter-bags ont été mis en place le lendemain du semis, en les répartissant au hasard dans chaque parcelle et en veillant à ce qu'ils couvrent la totalité de chaque parcelle. L'installation varie suivant le mode de gestion du sol, afin de reconstituer les conditions réelles sur chaque système. En SCV, les litter-bags sont placés à la surface du sol et fixés à l'aide des clous. Par contre, pour les Lab, ils sont enterrés à environ 10 cm de profondeur et pour faciliter leur repérage, ils sont enterrés munis d'un fanion apparent en surface et repérés à l'aide d'un piquet. Le nombre de litter-bags mis en place sur chaque parcelle est maintenu identique et dépend surtout du nombre de prélèvements effectués à chaque date. Lors de notre étude, nous avons installé un nombre de 24 litter-bags par parcelle répartis sur les seize parcelles étudiées, ce qui nous a permis d'avoir au total 384 litter-bags.



**Cliché 2 : (a) Mise en place des litter bags à la surface du sol pour les systèmes en SCV
(b) Enfouissement d'un litter bag dans un sol pour les systèmes en labour**

3.2.1.7. Prélèvement et traitement des litter-bags après prélèvement :

3.2.1.7.1. Prélèvement

Le suivi-évaluation de la décomposition de la biomasse sera fonction du stade phénologique du riz pluvial de la variété B22. Les dates de prélèvement des litter-bags pourraient coïncider avec chaque stade qui, d'autre part nous ne servira que de repère.

Ainsi trois pièces (3) de litter-bags sont retirées sur chacune des parcelles étudiées à chaque date de prélèvement. Ce qui nous a donc permis d'élaborer huit dates jusqu'à la fin du cycle du B22.

Période de prélèvement :

1. 10^{ème} jours après la date d'installation (premier prélèvement)
2. 10^{ème} jours après le premier prélèvement
3. 10^{ème} jours après le deuxième prélèvement
4. 15^{ème} jours après le troisième prélèvement
5. 15^{ème} jours après le quatrième prélèvement
6. 15^{ème} jours après le cinquième prélèvement
7. 1 mois après le sixième prélèvement
8. A la récolte

3.2.1.7.2. Traitement des litter-bags après prélèvement

A chaque date de prélèvement, le contenu de chaque litter-bag est nettoyé de façon à le débarrasser de la terre adhérente et de la matière végétale poussante. Le contenu de chaque litter-bag est tamisé puis mis dans une enveloppe Kraft avant d'être séché à l'étuve 70°C pendant 48h. Le poids de la matière sèche est relevé au bout de deux jours. Chacune d'elle est étiquetée (ex : date de prélèvement, N° parcelle, Riz/Maïs+Dolique, F₁, SCV, Poids sec), conservée à l'ombre ou à l'abri du rayon solaire jusqu'à l'analyse de l'azote ultérieurement. L'analyse en azote des résidus a été effectuée par spectrométrie dans le proche infrarouge (Near InfraRed Spectroscopy en anglais ou NIRS). Par contre les échantillons sortant de la calibration du NIRS ont fait objet d'une analyse chimique.

3.2.2. Dispositif expérimental de l'essai mulch-adventices

3.2.2.1. Description du dispositif expérimental :

L'essai sur l'émergence des adventices a été réalisé sur une superficie de 64 m².

L'expérimentation consiste à mesurer in situ :

- Les paramètres physiques descriptifs des mulchs, principalement relation entre quantité-épaisseur-taux de couverture du sol ;
- L'impact physique des mulchs sur l'émergence des adventices ; sur des parcelles que l'on n'a pas encore cultivées.

Le dispositif expérimental d'essai de mulch-adventives est en « bloc de randomisation totale » et répartie aléatoirement avec quatre répétitions. Chaque bloc est composé de seize parcelles élémentaires de 1 m² dont chacune a été couverte d'un type de paillis et un niveau de taux de couverture différent de 0 à 200%.

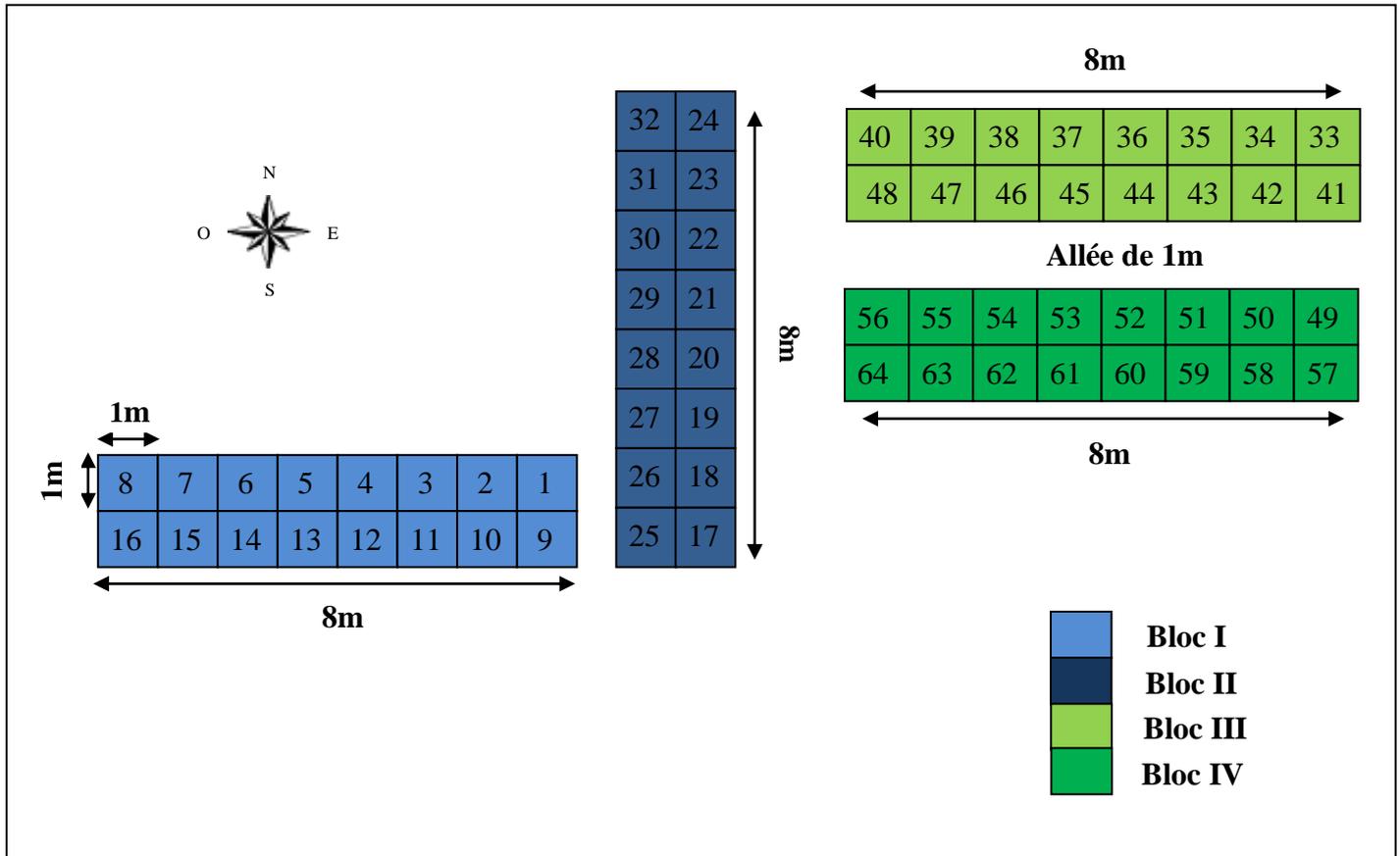


Figure 7 : Plan de l'essai adventice

Source : Joël

3.2.2.2. Représentation d'une parcelle élémentaire :

Les parcelles élémentaires font 1m². Les observations sur l'émergence des adventices n'ont été faites que sur un carré de 0,25m² de superficie situé au bon milieu de la parcelle élémentaire. Les répétitions seront au nombre de 4 réparties de manière aléatoire. Soit 4 répétitions x 8 modalités de quantité de mulch x 2 types de mulch = 64 parcelles élémentaires.

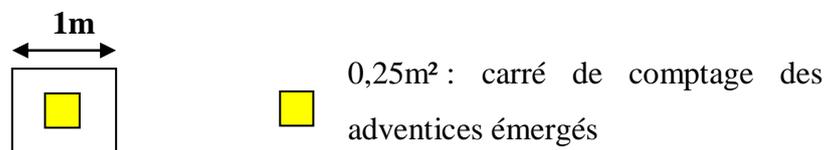


Figure 8 : Une parcelle élémentaire de 1m²

Source : Joël

3.2.2.3. Types des paillis et taux de couvertures correspondants

Durant la période d'expérimentation deux types bien distincts de mulch ont été testés :

- stylosanthes ou « Stylosanthes guianensis »,
- maïs+dolique ou « Zea mays »+ « Dolichos lablab ».

Le tableau ci-dessous synthétise, les quantités de paillis apportés :

Tableau 2 : Quantité de mulch utilisée correspondant aux différents niveaux de taux de couverture

Niveaux	Taux de couverture du sol (%)	Stylosanthes	Maïs + Dolique
		Quantité en MS (T.ha ⁻¹)	Quantité en MS (T.ha ⁻¹)
1	0	0	0
2	30	0,95	1,42
3	60	2,43	3,65
4	80	4,27	6,41
5	90	6,11	9,17
6	99	12,25	18,34
7	150	18,37	27,51
8	200	24,5	36,68

MS : matière sèche

Source : Naudin

3.2.2.3.1. Paillis de stylosanthes:

Avant la saison des pluies, à la mi-novembre 2011, nous avons mis en place huit niveaux différents de mulch de stylosanthes, allant de 0% à 200% de taux de couverture du sol. Chaque niveau de couverture correspond à un poids déterminé, avec une teneur en matière sèche de 0,9 %. Cette dernière est obtenue par le rapport entre le poids de mulch à l'état initial (matière fraîche) et celui à l'état final (matière sèche après étuvage au début novembre 2011).

3.2.2.3.2. Paillis de maïs+dolique :

Ici on a suivi également la même procédure que précédemment : Huit niveaux de paillis, allant toujours de 0 à 200% de taux de couverture du sol, de maïs décomposé associé avec la dolique ont été déposés sur huit parcelles élémentaires pour chacun des blocs, en mi-novembre 2011. La teneur réelle en matière sèche de maïs+dolique après l'étuvage à 70°C et avec une durée 48h est de 0,81 %.

3.2.2.4. Travaux effectués sur terrain

3.2.2.4.1. Installation des paillis :

Avant la mise en place des mulch au mi- novembre 2011 sur les parcelles d'essai adventices, les paillis ont déjà été au par avant séchés au soleil et au vent soufflant après leur coupe à la mi-octobre. Le pesage s'est effectué sur place même avec un pesant suivant le niveau de couverture du sol déjà indiqué dans le tableau 2 et le plan de la parcelle d'essai.

Les paillis doivent être déposés sur des parcelles bien propres c'est-à-dire parcelles indemnes de débris végétaux (en particulier les résidus de récoltes au voisinage) afin d'avoir une précision sur le taux de couverture des mulchs. Ils seront ensuite découpés avec un couteau tranchant pour qu'ils puissent être bien répartis sur chaque parcelle élémentaire de 1m² de façon homogène. Donc on doit bien vérifier à ce que les paillis ne débordent pas de l'extérieur.

Lors de la période sèche, les paillis sont facilement transportés par le vent en particulier les tourbillons. Donc il faut veiller afin que les mulchs découpés en morceaux arrivent à bien couvrir la parcelle. Ainsi il faut tout de suite effectuer un repésage au cas où les paillis s'y déplacent vers l'extérieur de la parcelle ou sur la parcelle voisine.

L'objectif est toujours de garder la quantité exacte de couverture selon le niveau recommandé avant la saison des pluies.

3.2.2.4.2. Comptage de l'émergence des adventices :

Le comptage de l'émergence des adventices s'est déroulé chaque semaine (tous les vendredis lors de notre stage). Ceci a été effectué sur une surface fixe 0.25m² située au centre de la parcelle élémentaire de 1m² qui est réservée pour la mesure de l'émergence des mauvaises herbes. Lors du comptage, les adventices émergents ont été arrachés en distinguant les monocotylédones et les dicotylédones. Pendant ce travail, les mauvaises herbes arrachées doivent être éliminées, jetées de loin afin qu'elles ne puissent contaminer les parcelles avoisinantes par leur graines. Les adventices émergentes à l'extérieur du cadre de comptage ont été enlevées en même temps pour ne pas qu'elles aient un effet sur la levée des adventices à l'intérieur du carré de 50 x 50cm.



Cliché 3 : Comptage sur terrain des adventices émergés

3.2.2.4.3. Estimation du taux de couverture

Des photographies numériques ont été prises pour chaque parcelle élémentaire, en début et fin de campagne afin de déterminer le taux réel de couverture du sol. Les photos ont été prises à la verticale des carrés de comptage des adventices. Les photos ont été traitées à l'aide de Photoshop CS2 afin de déterminer le taux de couverture du sol par les résidus.



Cliché 4 : Modèle de photo prise au milieu de la campagne pour la parcelle N°1

3.2.2.4.4. Prélèvement final

A la fin de campagne des prélèvements de biomasses situées sur le carré de comptage de 0.25m² ont été effectués afin de déterminer l'évolution du poids du mulch et de la surface couverte par les mulchs. Le poids sec du mulch a été obtenu, après séchage d'abord au soleil ensuite à l'étuve, en pesant le mulch au champ puis en faisant un échantillon de 1Kg par type de mulch et par bloc.

3.3. Traitement des données

Pour chacune des mesures effectuées sur le terrain, les données brutes parcellaires enregistrées par bloc sont reportées sur un tableur Microsoft Excel. Il en est de même pour celles de chaque répétition. Pour chaque fichier créé, tous les calculs en relation avec une formule prédéterminée sont réalisés à l'aide de l'outil Excel. Les moyennes et les écarts type des données traitées ont été obtenus par le tableau croisé dynamique de ce même outil. Ces moyennes avec leurs écarts type respectifs sont par suite soit reportées sur un graphe à l'aide toujours de l'outil Excel soit synthétisées sous forme de tableau.

3.3.1. Analyse statistique des données

Pour chacune des mesures effectuées, toutes les données recueillies sur les expérimentations menées sur le terrain ont été analysées statistiquement avec le logiciel :

- XLSTAT en utilisant l'analyse de variance à deux variables (variable quantitative et variable qualitative). Les moyennes des traitements sont comparées par un test de Fischer à plus petite différence significative au seuil de probabilité P=0,05.
- MINITAB 16, De ce fait, les données ont du être transformées par la valeur de leur racine carrée pour homogénéiser les variances. Ces données transformées sont ainsi traitées date par date de suivi de l'émergence d'adventices en séparant les deux types de mulch.
- A propos du traitement des images, il est effectué avec le logiciel PHOTOSHOP.

4. PARTIE IV : RESULTATS ET DISCUSIONS

4.1. Résultats

4.1.1. Caractéristiques de la saison pluvieuse

La pluviométrie enregistrée durant notre campagne d'expérimentations : « Suivi de la décomposition des résidus – essai adventices » (novembre 2011-Avril 2012) sont résumées dans le tableau 3 et la figure 9.

Tableau 3 : Répartition des précipitations suivant le nombre de jour des pluies et sa hauteur totale

Campagne 2011-2012							
Hauteur des pluies (mm)	P<10	10<P<20	20<P<30	30<P<40	40<P<50	60<P<70	TOTAL
Nombre de jours (j)	32	12	5	6	3	2	60
Total des pluies (mm)	171	188	115	204	147	142	967

Durant notre campagne d'essai, les pluies se répartissent sur 60 jours, à partir du mois de novembre jusqu'au mois de mai, avec une hauteur totale de l'ordre de 967 mm, et avec un maximum journalier de 75 mm (2^{ème} décade du mois de février). Les pluies inférieures à 10 mm constituent 17,68 % des évènements pluvieux, celles comprises entre 20 mm et 30 mm, 11,89 % et celles supérieures à 30 mm représentent un pourcentage de 50,98. Avec ces évènements de forte précipitation, trois pics principaux de pluies ont été constatés. Les deux premiers se situent respectivement durant la deuxième décade du mois de décembre et la première décade de janvier, et le troisième se concentre à la deuxième décade du mois de février.

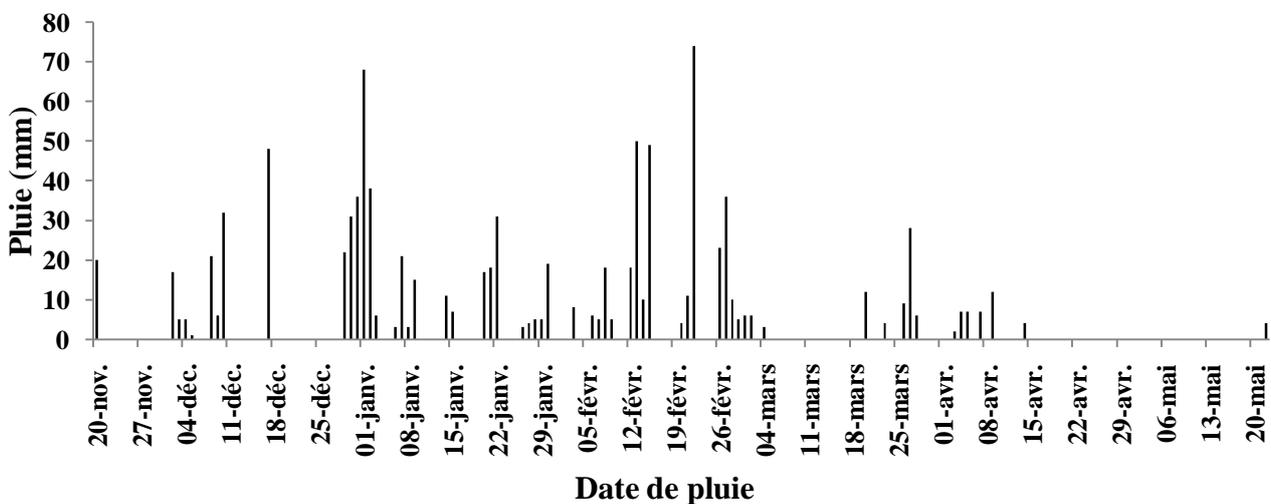


Figure 9 : Répartition des pluies journalières durant la campagne 2011/2012

4.1.2. Suivi de la décomposition et minéralisation des résidus

4.1.2.1. Rendement en biomasse résiduelles par système

Le prélèvement des résidus sur chaque parcelle a montré que le stylosanthes est le système produisant le plus de biomasse résiduelle avec un rendement moyen de 7714Kg. ha⁻¹ pour les systèmes SCV et 7360Kg. ha⁻¹ sur les parcelles en riz. Par contre, pour les parcelles labourées, les biomasses résiduelles produites enregistrent une moyenne de 7165Kg. ha⁻¹. Le maïs+dolique de la culture précédente conduit en SCV est celui le moins productif en résidus avec un rendement moyen de l'ordre de 5102Kg. ha⁻¹.

La production de résidus pour la couverture végétale dépend donc de la nature de la culture productrice de ces résidus, C'est le cas du système stylosanthes en SCV, une culture productrice de biomasse qui augmente la quantité de la couverture végétale.

Ainsi, en rapport aux rendements par hectare en résidus de chaque type de précédent suivant le type de précédent cultural du riz et le mode de gestion du sol, chaque litter-bag d'une superficie de 0,05m² contient au départ :

- Pour le stylosanthes constitués en majorité par des tiges : 38g de résidus pour les parcelles en SCV contre 36g sur celles labourées,
- Pour le riz en SCV, une conversion du rendement en m² a permis d'obtenir 37g,
- 25g de maïs associé à la dolique a été mis en évidence lors de l'essai sur le suivi de la décomposition des résidus.

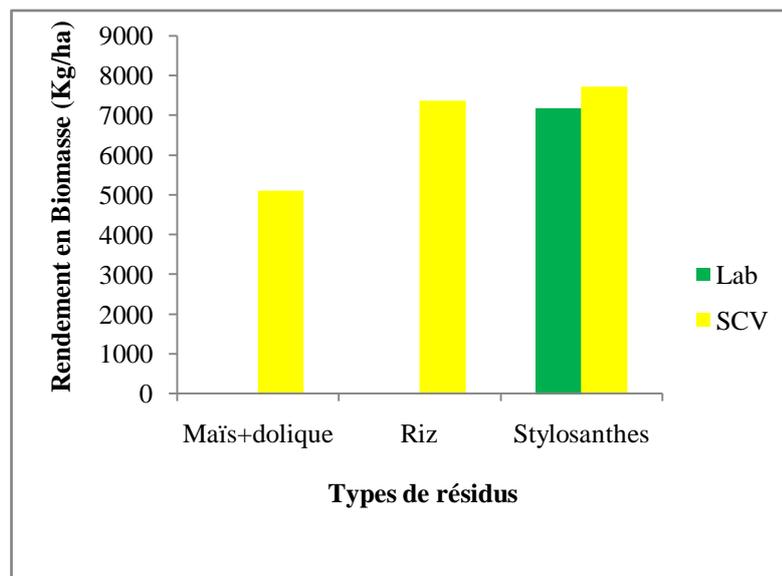


Figure 10 : Rendement en biomasse résiduelles par type de précédent

Le rendement à l'hectare des biomasses sur chaque bloc et la moyenne par système ont été déterminés lorsque leur poids en matière sèche a été obtenu.

Les poids des résidus mis dans les LB ont été calculés à partir de cette moyenne et de la surface des LB suivant la formule ci-dessous :

$$\text{Poids des litières/LB (g)} = \text{rendement moyen/système (Kg/ha)} \times \text{surface LB (0,05 m}^2\text{)}.10^3$$

En effet, le poids des biomasses par LB pour chaque système diffère suivant le rendement obtenu (cf. tableau 4).

Tableau 4 : Biomasses résiduelles produites par système lors du prélèvement des résidus

Type de précédent	Mode de gestion du sol	Biomasse produite (Kg/ha)
Maïs+dolique	SCV	5102
Riz	SCV	7360
Stylosanthes	SCV	7714
Stylosanthes	Lab	7165

4.1.2.2. Vitesse de décomposition des résidus dans les LB

La dynamique dans le temps du pourcentage de perte en masse des résidus dans les litter-bags au cours de la campagne 2011/2012 est représentée par la figure ci-dessous.

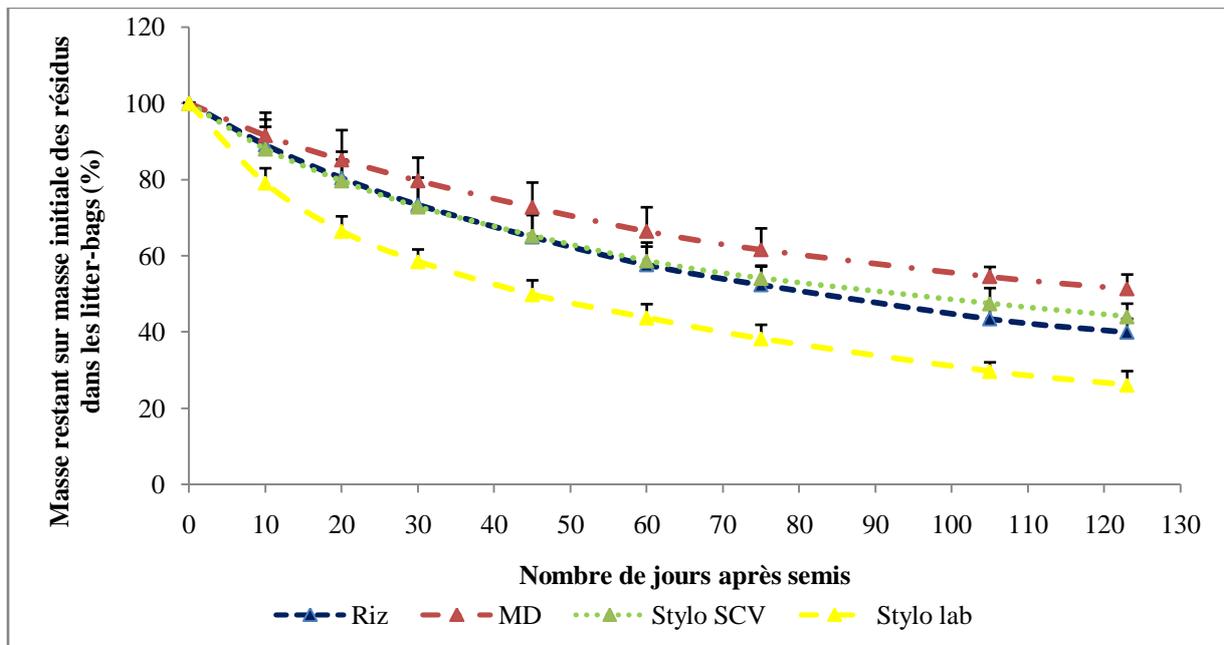


Figure 11 : Dynamique de la perte en masse des résidus dans les LB durant la campagne 2011/2012

La vitesse de dégradation des résidus varie suivant le mode de gestion du sol (Lab ou SCV). Les résidus enfouis au labour se dégradent significativement plus rapide que ceux laissés en surface ou en SCV.

Parmi ceux en SCV, la vitesse de dégradation des résidus de type différent (riz, stylosanthes, ou maïs+dolique) est presque semblable. Mais, celle du maïs+dolique paraît être plus lente par rapport aux deux autres types.

Pour le même mode de gestion du sol en SCV, le rythme de dégradation des résidus diffère également d'une manière significative suivant la nature des résidus :

- Dans un premier temps, plus particulièrement pendant les 10 premiers jours après semis (JAS), les résidus de maïs+dolique se dégradent moins vite comparés à ceux du stylosanthes et du riz. La vitesse de dégradation du riz et du stylosanthes est presque similaire. Par contre, c'est sur cette période que se situe la plus grande perte en masse des résidus dans les litter-bags quelque soit leur nature (maïs+dolique, stylosanthes et riz).
- Au-delà de 10 jours après semis jusqu'au 30 JAS, la vitesse de dégradation des résidus de différente nature ne cesse pas de diminuer et tend jusqu'au 20% de perte en poids par rapport à la masse initiale pour le cas du maïs+dolique. En revanche, celle-ci atteint environ 30% pour les cas du stylosanthes et du riz.
- Du 45 au 75 JAS, la perte en masse des résidus de riz et de stylosanthes est encore similaire et atteint jusqu'à 50% soit la moitié de leurs masses initiales tandis que le maïs+dolique ne perd que 40% de sa masse.
- En revanche, entre 75 à 105 jours après semis la réduction de la masse des résidus dans les litter-bags n'évolue plus que très faiblement. Vers la fin du cycle cultural, la masse des résidus dans les litter-bags à 105 jours après semis est identique à celle de ceux à 123 jours après semis. Les deux courbes représentatives de la dégradation des résidus de stylosanthes et du riz commencent à se distinguer à partir du 75^{ème} JAS.
- En d'autres termes, la période de dégradation active des résidus dans les litter-bags se situe entre le semis et 105 jours après semis.
- Leur vitesse de dégradation est très rapide entre le semis et 30 jours après semis.
- Et elle ralentit par la suite pour s'estomper totalement entre 105 et 123 jours après semis.

Par ailleurs, le mode de gestion du sol en labour (Lab) a une influence fortement sur la vitesse de dégradation des résidus dès le début jusqu'à la fin de l'essai par rapport à celle de ceux en SCV :

- Dès le 30^{ème} jour après semis, la perte en masse atteint déjà la moitié de sa masse initiale.
- Du 30^{ème} au 75^{ème} JAS, il ne reste que presque le tiers du poids initial des résidus dans les litter-bags.
- Au-delà des 75^{ème} et 103^{ème} jours après semis, la vitesse de dégradation des résidus commence à se ralentir et la masse restante par rapport à la masse initiale des résidus dans les litter-bags ne représente plus que les 30%.
- La courbe représentative de la dynamique de la perte en masse des résidus dans les litter-bags durant la campagne 2011/2012 se stabilise à la fin du cycle cultural soit entre les 103^{ème} et 123^{ème} jours après semis.

Tableau 5 : Comparaison des moyennes des pourcentages de perte en masse des modalités testées durant la campagne 2011/2012.

Facteur	Modalité	Moyenne estimée	Probabilité calculée Pcalc
Type de précédent en semis direct	Maïs+dolique	74a	<0,0001 (HS) 0,317 (NS)
	Stylosanthes	68b	
	Riz	67b	
Mode de gestion du sol en stylosanthes	SCV	68a	<0,0001 (HS)
	Lab	55b	
Nombre de jours après semis	123	40d	<0,0001 (HS)
	105	44d	
	75	51cd	
	60	57c	
	45	63c	
	30	71bc	
	20	78bc	
	10	87b	
	0	100a	

Pour un même facteur, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents. 0,05 < P calc : non significative (NS) ; 0,01 < P calc < 0,05 : significative (S) ; P calc < 0,01 : hautement significative (HS).

Ce tableau met en évidence que, les moyennes du pourcentage de perte en masse des résidus en cette campagne diffèrent d'une manière significative en fonction: à la fois du type de précédent (Maïs+dolique, Stylosanthes ou riz) et du mode de gestion du sol (Lab ou SCV).

Trois catégories d'intervalles de temps différents sont mises en évidence dans ce tableau 5 au cours du suivi de la dégradation des résidus de récolte de différent système de culture et selon le mode de gestion du sol, pour faciliter les processus de prélèvements durant les 6 mois d'essai : d'abord tous les 10 jours à partir de la date de mise en place des litter-bags (date de semis 0j) ensuite tous les 15 jours et en fin tous les 30 jours (espacée de 1 mois).

Pour ce qui est de l'intensité de la perte en masse des résidus dans le temps, les valeurs relatives de ces moyennes décroissent progressivement et d'une manière significative:

- Intense, du semis au 10^{ème} jour après semis (JAS) au cours duquel la perte de masse des résidus dans les litter-bags atteint en moyenne les 20% environ de leur masse initiale,
- Plus lente, entre 10 et 30 JAS durant lequel les résidus ne perdent que de l'ordre de 10% en moyenne de leur masse à 20 JAS.
- La dégradation en masse des résidus dans les litter-bags continue encore de façon plus significative entre 30 et 75 JAS car la différence de la perte en masse de la biomasse atteint encore une moyenne de 20%.
- De 75 à 105 JAS, la décomposition continue encore car la moyenne de la perte de poids des résidus atteint encore les 10% de leur masse.
- Pour les deux dates finales 105 et 123 JAS, la vitesse de dégradation des résidus ne s'active plus de façon plus significative. Ce qui nous a permis de trouver juste un écart de 4% de perte par rapport à celle de la précédente, c'est-à-dire que la dynamique de la décomposition des résidus dans les litter-bags se stabilise.

4.1.2.3. Fourniture en azote des résidus en cours de dégradation au cours de la saison culturale (N_{res})

Parallèlement au suivi de la dynamique de la dégradation en masse des résidus, la quantité d'azote fournie par les résidus a été également évaluée durant la campagne d'essai 2011/2012.

Dans le but d'évaluer l'offre potentielle en N des résidus, nous avons estimé la quantité de N que les résidus peuvent libérer dans le sol lors de sa décomposition.

La fourniture en N des résidus au sol a été déterminée par la différence entre la teneur initiale en N des résidus et celle en N des résidus au moment de leur prélèvement (cf. annexe 6).

2.1.2.3.1. Teneur initiale et quantité initiale en azote des résidus de chaque litter-bag

La teneur initiale en azote des résidus est exprimée en % de la matière sèche. Suivant le tableau 6, les teneurs initiales en azote des résidus de chaque type de précédent selon le mode gestion de sol varient de 2,08 à 2,36. Elles ne sont pas statistiquement différentes et sont donc similaires. Ainsi, par effet de masse, les résidus de rendement plus important devraient contenir initialement plus d'azote.

Tableau 6 : Quantité initiale d'azote des résidus de chaque litter-bag avant la mise en place sur les parcelles

Campagne de mesure	Traitement	Rendement total en résidus en kg.ha ⁻¹ de matière sèche	Teneur initiale en azote des résidus en %MS	Quantité initiale en azote des résidus en kg.ha ⁻¹
2011/2012	Riz SCV	7360	2,08	154
	Maïs+dolique SCV	5102	2,33	116
	Stylosanthes SCV	7714	2,36	179
	Stylosanthes Lab	7165	2,34	168

Il ressort du tableau 6 qu'avant la mise en place des litter-bags dans les parcelles, pour le même mode de gestion du sol, la quantité initiale d'azote des résidus de stylosanthes à rendement plus élevé (7714 kg.ha⁻¹) est systématiquement plus importante (179 kg.ha⁻¹) que celles du riz et du maïs+dolique (154 et 116 kg.ha⁻¹).

Les moyennes de la quantité d'azote fournie par les résidus suivant leur nature, le mode de gestion du sol sont représentées par le tableau 7.

Tableau 7 : Comparaison des moyennes de la quantité d'azote fournie par les résidus suivant les modalités testées de la campagne 2011/2012 en kg.ha⁻¹

Facteur	Modalité	Moyenne estimée	Probabilité calculée P_{calc}
Type de précédent en semis direct	Stylosanthes	75ab	<0,0001(HS) 0,011 (S)
	Riz	57bc	
	Maïs+dolique	42c	
Mode de gestion du sol en stylosanthes	Lab	83a	0,115 (NS)
	SCV	75a	
Nombre de jours après semis	0	0a	<0,0001(HS)
	10	30b	
	20	49c	
	30	60cd	
	45	74cd	
	60	85d	
	75	91de	
	105	94de	
	123	95de	

Pour un même facteur, les chiffres suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents. 0,05 < P_{calc} : non significative (NS) ; 0,01 < P_{calc} < 0,05 : significative (S) ; P_{calc} < 0,01 : hautement significative (HS).

Suivant ce tableau, le mode de gestion du sol n'influe pas la fourniture en azote des résidus, bien que la valeur relative de l'offre en azote des résidus enfouis au labour soit de 83 kg.ha⁻¹ contre 75 kg.ha⁻¹ sur les résidus en surface.

En revanche, la quantité d'azote fournie par les résidus varie en fonction de leur nature et du nombre de jours après semis.

La quantité d'azote offerte par les résidus de stylosanthes est hautement significative (75 kg.ha⁻¹) par rapport aux deux types de résidus de riz (57 kg.ha⁻¹) et de maïs+dolique (42 kg.ha⁻¹), par contre, les résidus de riz et de maïs+dolique sont légèrement significatives.

La fourniture en azote par les résidus croît d'une manière significative proportionnellement avec le temps. En effet, en relation avec leur vitesse de décomposition plus rapide dans les quarante-cinq premiers jours du cycle (perte en masse de 63% à 45 JAS

sur le tableau 5), la quantité d'azote fournie par les résidus à 45 jours après semis (JAS) atteint jusqu'à 74 kg.ha⁻¹. Elle augmente faiblement au 60 JAS de 85 kg.ha⁻¹ et devient similaire à partir de 75 JAS jusqu'à 123 JAS (93 kg.ha⁻¹ en moyenne).

Suivant cette tendance, le tableau 8 de la page suivante présente l'évolution dans le temps de la fourniture en azote par les résidus.

Ce tableau confirme que pour un même mode de gestion du sol, la quantité d'azote fournie périodiquement dans le temps par les résidus de stylosanthes est toujours supérieure à celle des résidus de riz qui à son tour est aussi supérieure à celle du maïs+dolique. C'est à dire que pour le même mode de gestion du sol en SCV sur l'ensemble du cycle cultural du riz pluvial, le stylosanthes fournit plus d'azote que le riz (677 contre 515 kg.ha⁻¹). Par contre les résidus de riz fournissent plus d'azote que ceux des maïs+dolique (515 contre 376 kg.ha⁻¹).

Pour les résidus de même nature (stylosanthes), l'offre en azote des résidus sur les parcelles labourées est similaire (751 kg.ha⁻¹) à celle fournie sur les parcelles conduites en SCV (677 kg.ha⁻¹) sur l'ensemble du cycle cultural.

Tableau 8 : Quantité d'azote fournie par les résidus par période du cycle cultural du riz au cours de la campagne 2011/2012 en Kg.ha⁻¹

Type de précédent	Mode de gestion	N fourni par résidu en Kg.ha ⁻¹									Total
		0 JAS	10 JAS	20 JAS	30 JAS	45 JAS	60 JAS	75 JAS	105 JAS	123 JAS	
Maïs+dolique	SCV	0	20±8	32±8	38±8	45±3	51±8	59±10	68±6	62±7	376
Riz	SCV	0	32±14	49±13	58±15	65±12	70±9	71±12	78±6	92±7	515
Stylosanthes	SCV	0	30±11	50±10	64±18	82±27	100±12	121±8	115±9	114±4	677
Stylosanthes	Lab	0	40±15	64±9	80±11	106±7	120±10	114±11	113±5	113±2	751

JAS : Jour Après Semis

La figure 13 représente l'évolution dans le temps de la quantité d'azote fournie par les résidus dans chaque système comparé au cours de la campagne 2011/2012

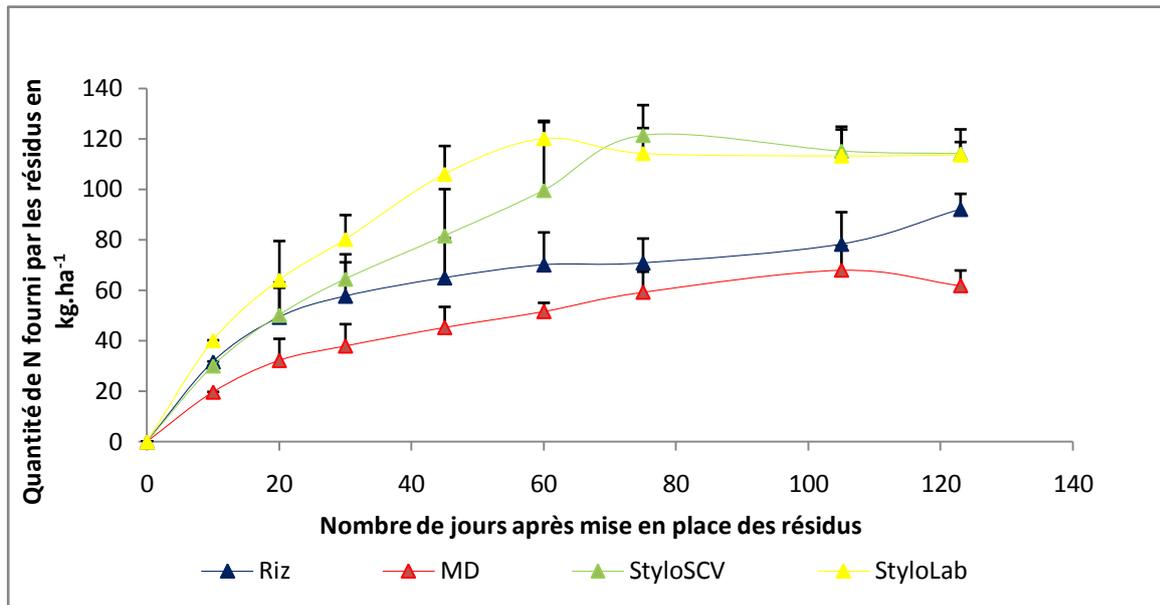


Figure 12 : Quantité d'azote fournie par les résidus dans chaque système comparé à chaque date de prélèvement pendant la campagne 2011/2012

Suivant ce graphique quelle que soit la nature des résidus (stylosanthes, riz ou maïs+dolique), la fourniture d'azote est plus intense entre le semis (0 JAS) et 45 jours après semis (JAS). En général, cette fourniture d'azote est d'autant plus élevée en cette période (0-45 JAS).

Au-delà de 45 jours après semis, la quantité d'azote fournie par les résidus ne varie plus beaucoup.

En revanche, la fourniture en azote des résidus de stylosanthes en SCV atteint son pic au 75 JAS (121 kg.ha⁻¹). Par contre, le pic de minéralisation des résidus de stylosanthes enfouis au labour est atteint au 60 JAS (120 kg.ha⁻¹).

Concernant les résidus de riz, la fourniture d'azote est presque semblable entre 60 à 105 JAS (73 kg.ha⁻¹ en moyenne). Par contre il atteint son pic à la dernière date de prélèvement (92 kg.ha⁻¹).

A propos des résidus de maïs+dolique, l'offre en azote est presque constante entre 60 à 75 jours après semis (en moyenne 55 kg.ha⁻¹), Elle est plus élevée au 105 JAS avec une quantité d'azote se chiffrant à 68 kg.ha⁻¹. En revanche, à la fin du cycle, elle décroît au environ de 62 kg.ha⁻¹.

D'après ces résultats obtenus sur la quantité de N fournie par les résidus dans les litter-bags, nous pouvons classer les systèmes pourvoyeurs de N (la valeur de N offerte fournie est la quantité de N correspondante au dernier prélèvement) :

- Selon les types de résidus :
 - Les stylosanthes sont les plus productives (114 kg.ha^{-1})
 - Les résidus de riz les suivent : 92 kg.ha^{-1}
 - Les résidus de maïs+dolique sont en dernières positions : 62 kg.ha^{-1}
- Selon le mode de gestion du sol :
 - Les résidus des systèmes en SCV fournissent plus d'azote que ceux enfouis au labour (114 kg.ha^{-1} contre 113 kg.ha^{-1}).

4.1.3. Adventices

4.1.3.1. Dégradation du taux de la couverture du sol

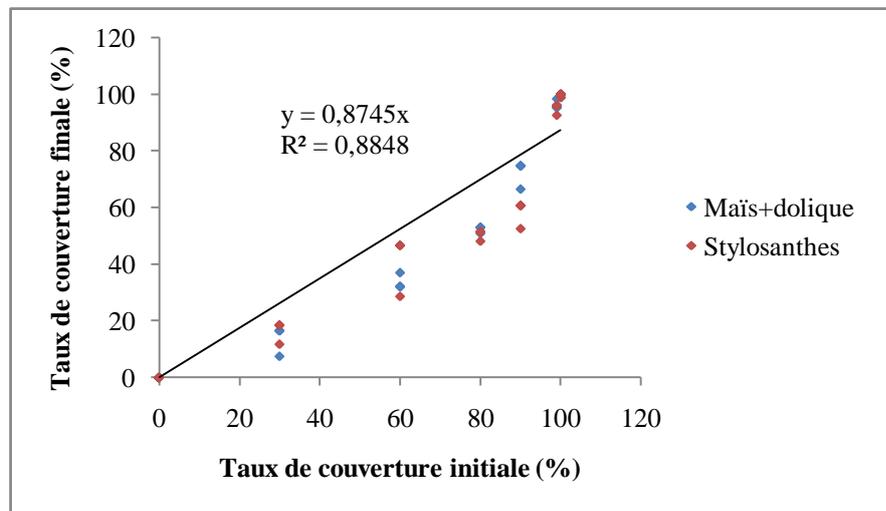


Figure 13 : Rapport entre taux de couverture du sol à l'état initial et taux de couverture du sol à l'état final

La vitesse de dégradation du mulch est encore plus lente tout au long de la campagne d'essai durant environ 4 mois. Les taux de couvertures déposés initialement sur différentes parcelles ne présentent pas une différence très significative face à ceux des finales. Par ailleurs les paillis de stylosanthes se dégradent d'avantage par rapport aux maïs+dolique. Ainsi l'écart trouvé varie de 0 à 25% pour les stylosanthes tandis que celui-ci va de 0 à 10% pour le cas des maïs+dolique. Cette différence de la vitesse de dégradation des mulchs peut s'expliquer par la présence des couvertures qui sont constituées par des tiges et des spathes de maïs pour les cas de maïs+dolique, ce qui conduit au ralentissement de leur décomposition. Donc on pourra affirmer que les paillis se décomposent beaucoup plus lentement.

4.1.3.2. Emergence des adventices

Les figures ci-dessous représentent l'émergence des adventices durant la période de l'expérimentation.

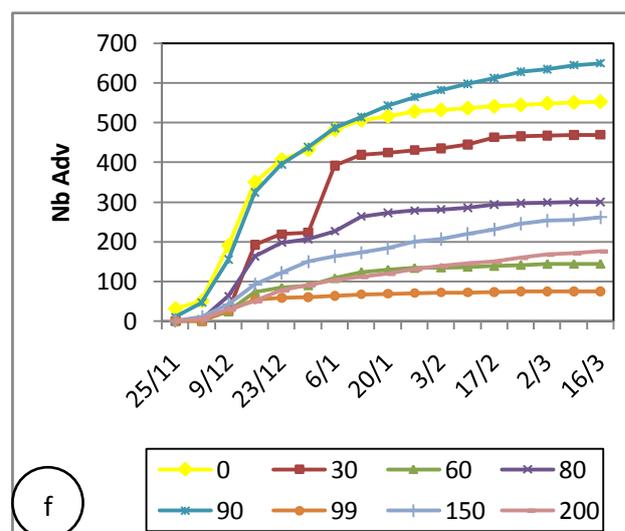
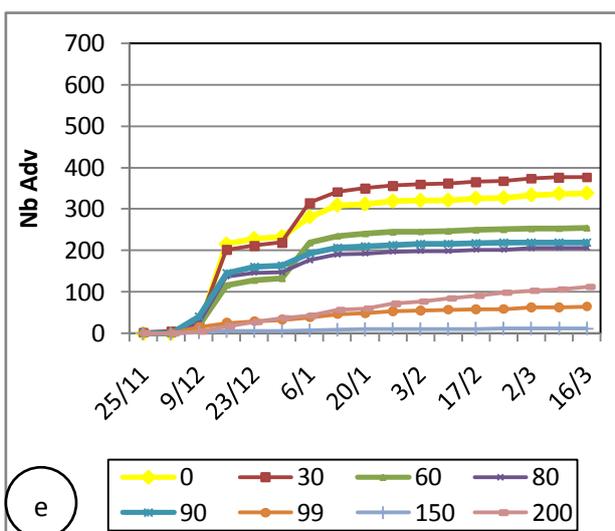
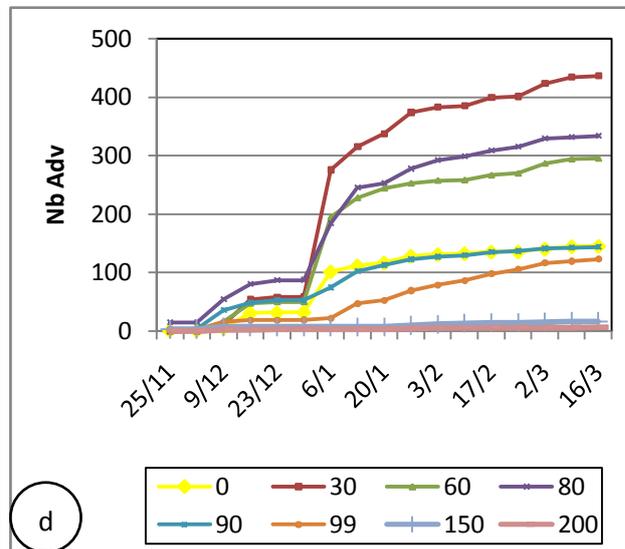
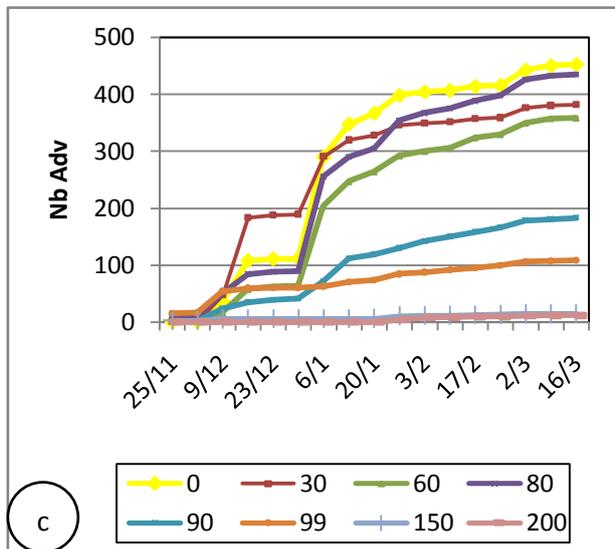
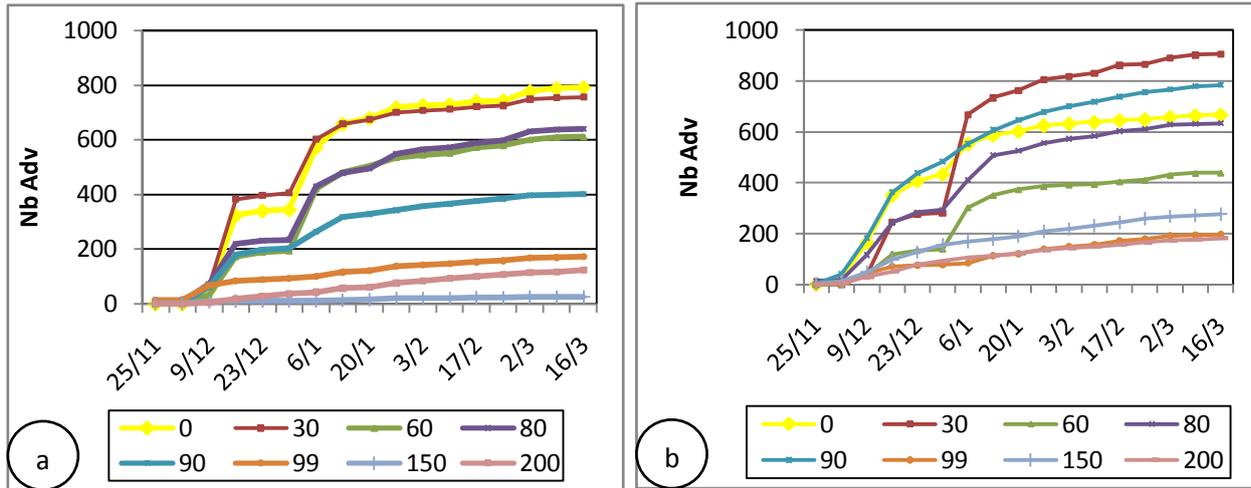


Figure 14 : Dynamique de l'émergence des adventices, sur une surface de 0.25 m² par type de couverture en fonction de la date de suivi de l'émergence : (a) adventice total sur maïs+dolique - (b) adventice total sur stylosanthes - (c) dicotylédones sur maïs+dolique - (d) dicotylédones sur stylosanthes - (e) monocotylédones sur maïs+dolique - (f) monocotylédones sur stylosanthes

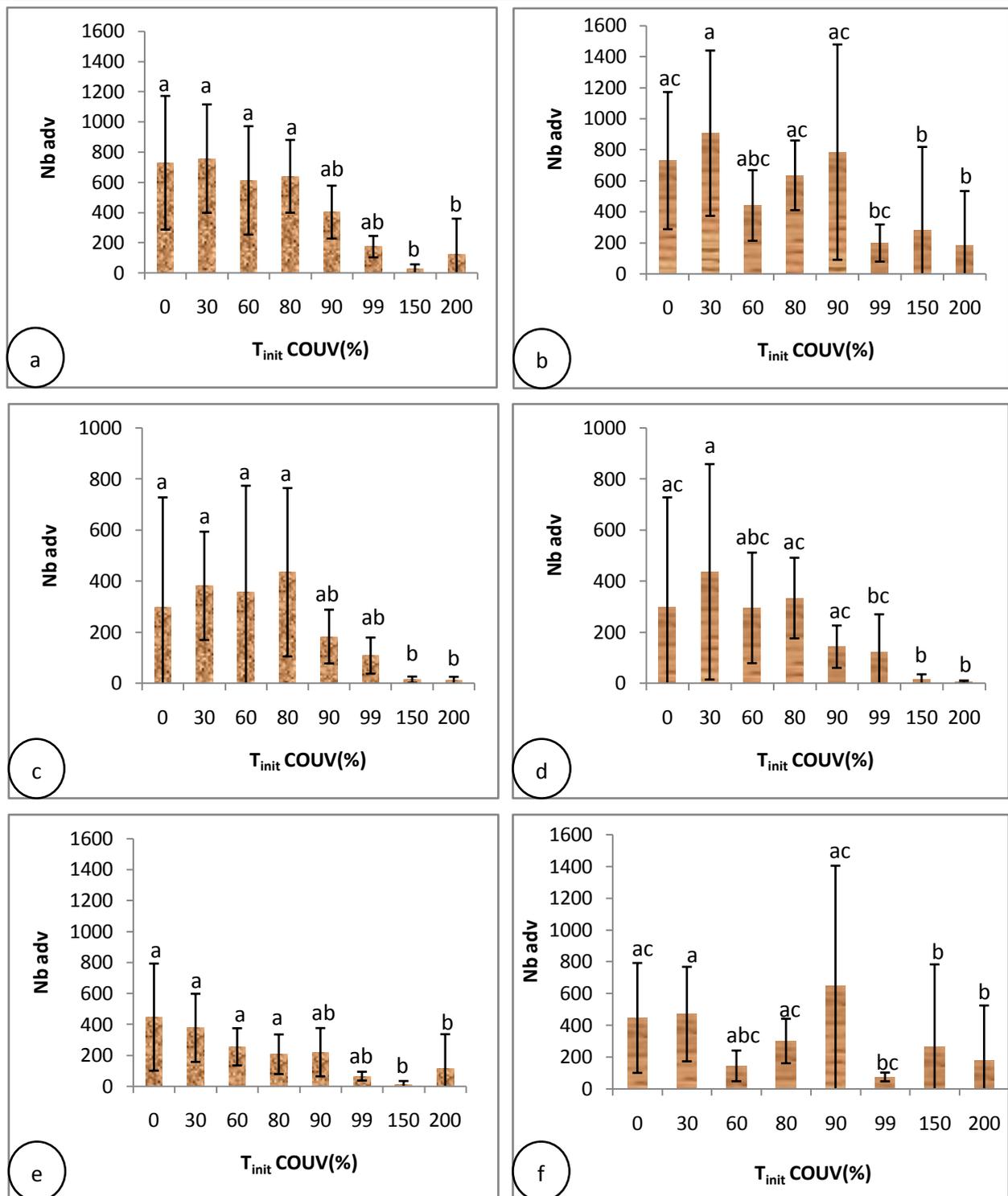


Figure 15 : Emergence des adventices sur une surface de 0.25 m², en fonction du taux et du type de couverture (a) adventice total sur maïs+dolique, (b)adventice total sur stylosanthes, (c)dicotylédone sur maïs+dolique, (d)dicotylédone sur stylosanthes, (e)monotylédone sur maïs+dolique, (f) monotylédone sur stylosanthes. Pour chaque figure les traitements suivi de la même lettre ne sont pas significativement différents par le test de Tukey au seuil de 5%

La figure 15 montre l'émergence des adventices qui varie suivant les différents taux et les types de couverture du sol. Durant la campagne d'essai, les adventices que ce soit monocotylédones ou dicotylédones n'émergent qu'à la 3^{ème} semaine de comptage

(9 décembre 2011) c'est-à-dire qu'après la première tombée des pluies. L'émergence est accentuée entre le 6 janvier et 17 février 2012. Cette forte émergence est valable quels que soient le type et le niveau du taux de couverture considérés. Le nombre d'adventices émergés atteint jusqu'à 800 pour toutes les adventices sur maïs+dolique contre 900 sur stylosanthes, 450 pour le cas des dicotylédones émergés sur les mulchs de maïs+dolique et de stylosanthes et 400 pour les monocotylédones sur maïs+dolique contre 650 sur stylosanthes. A partir du 2 mars la courbe représentative de la dynamique de l'émergence commence à devenir plus stable.

A propos du paillis de maïs+dolique, l'émergence des adventices est en général beaucoup plus élevée pour les couvertures de 30% par rapport aux autres. La réduction de l'émergence des adventices totales, monocotylédones et des dicotylédones n'est significative qu'à partir de 90% (figure 16 (a), (c) et (e)). L'analyse statistique de l'émergence des adventices totales révèle que la différence réside entre les taux de couverture 0 à 80% (même groupe a), 90 à 99% (groupe ab) et 150 à 200% (groupe b). Face à la réponse de la maîtrise des plantes adventives, par ordre décroissant, les huit niveaux du taux de couverture de maïs+dolique sont alors classés comme suit : 150% > 200% > 99% > 90% > 60% > 80% > 30% > 0%.

Concernant les paillis de stylosanthes, l'émergence la plus forte apparaît aussi sur les taux de couverture de 30%. Pourtant la différence de ce taux par rapport aux autres n'est significative qu'à partir du taux de 60% pour les adventices totales, monocotylédones et dicotylédones (figure 16 (b), (d) et (f)). L'analyse des adventices totales germés permet de dire que la différence n'apparaît qu'à partir de 99%. Ainsi, l'émergence des adventices trouvée avec un taux de couverture 30% est réduite jusqu'à un quart de celle mesurée sur 200% de couverture. Ces taux de couverture du sol peuvent être classés de la manière suivante dans l'ordre d'importance vis à vis de l'émergence des adventices : 30% > 90% > 0% > 80% > 60% > 150% > 99% > 200 %.

En comparant l'émergence des adventices totales sur les deux types de mulch; elle est beaucoup plus importante sur stylosanthes que sur maïs+dolique sur quel que soit le niveau de couverture des parcelles (figure 16 (a) et (b)). L'écart devient plus élevé à partir des taux de couverture du sol supérieur à 90%, ce qui nous permet même de donner une prédiction sur la probabilité de l'émergence des adventices : deux sur maïs+dolique contre trois adventices émergés sur stylosanthes. Les figures 16 (c), (d), (e) et (f) indiquent que le nombre des monocotylédones est de plus en plus élevé par rapport à celui des dicotylédones. Cet écart trouvé s'amplifie de plus en plus à partir du taux de couverture supérieur à 99% : le nombre de monocotylédones émergés est deux fois plus élevé que ceux des dicotylédones.

4.2. Discussion

4.2.1. Effets des SCV sur la dégradation des résidus

D'après les résultats obtenus lors de la campagne d'essai 2011/2012, on peut dire que la décomposition des résidus dépend beaucoup des conditions climatiques. L'humidité du sol est un des facteurs physiques les plus importants affectant les microorganismes. L'humidité conditionne à la fois l'activité microbienne, la mobilité des microorganismes du sol et la diffusion des gaz, des solutés et des nutriments (Paul., 1992). La température est aussi un des facteurs qui influence l'activité des microorganismes. Bernhard-Reversat a pu tirer en 1981 que la température optimale de la décomposition des résidus dépend aussi de l'humidité du sol. En effet, la relation positive entre la pluie, la température et l'activité des microorganismes du sol a été montrée dans les étapes initiales de la décomposition de résidus végétaux (cf. figure 13). On suppose donc que les plantes de couverture, en créant des conditions de température et d'humidité favorables aux micro-organismes, et en fournissant plus de matière organique, surtout en système SCV favorisé par la production et restitution régulière d'une forte biomasse, amplifient leur prolifération et leur activité (Dounias., 2001). En comparant les résultats obtenus sur les parcelles conduites en SCV, on constate que le taux de couverture compte beaucoup dans la dégradation des résidus. Plus la couverture sur les parcelles est abondante plus la décomposition des résidus y est importante.

L'enfouissement des LB accélère la décomposition des résidus. Le temps de disparition de la moitié des résidus est plus court sur les parcelles labourées que sur les parcelles en SCV. Cette différence peut s'expliquer par l'action des microorganismes qui sont plus abondants dans le sol qu'à la surface. De plus, le contact direct entre les résidus et le sol est plus réduit pour les LB déposés en surface. Le labour permet d'incorporer la matière organique dans le sol. Ce qui en accélère la décomposition. La vitesse de la décomposition des résidus varie peu lorsque ces derniers restent en surface comme paillis protecteur en système SCV (Scopel et al., 2005). Ainsi, le non-travail du sol limite la vitesse de décomposition de la matière organique. Ce qui est d'autant plus important sous les climats chauds et humides où cette décomposition est très rapide (Dounias., 2001). En se référant toujours aux résultats obtenus, la nature des résidus peuvent également influencer leur décomposition. La décomposition des résidus dépend fortement de leur taille et de leur composition biochimique. Les critères de qualités des résidus généralement retenus sont les teneurs en lignines et phénols (Mellilo et al., 1982 ; Vigil et Kissel., 1991 ; Constantinides et Fownes., 1994 ; Vanlauwe et al., 1996 ; Heal et al.,

1997). Ainsi, il résulte que notre hypothèse stipulant initialement que la décomposition des résidus est fonction de la nature des résidus et du mode de gestion du sol, est confirmée.

Pour l'offre en azote, durant notre expérimentation, la période active de la dégradation des résidus se situe durant les quarante-cinq premiers jours et plus particulièrement dans les quinze premiers jours du cycle de culture. La grande majorité de l'azote des résidus est donc libérée en cette période. Ces résultats sont conformes à ceux d'autres études (Reyes et al., 2002).

Les résidus enfouis au labour se minéralisent plus rapidement que ceux déposés en surface par contre la fourniture en azote n'est pas significativement différente selon le mode de gestion du sol. En outre, les systèmes en SCV fournissent plus d'azote comparés à ceux des systèmes en labour. Le labour est donc considéré comme stimulateur de la minéralisation de la matière organique du sol (Balesdent et al., 2000 ; Six et al., 2002). Le changement de pratiques culturales en SCV permet de reconstituer un pool d'azote organique labile et donc d'une proportion d'azote minéralisable plus importante (Mikha et al., 2006 ; Tan et al., 2007). Ainsi notre deuxième hypothèse affirmant que la minéralisation de l'azote organique des résidus est d'autant plus rapide sur des parcelles labourées que sur celles en SCV est confirmée par les résultats de notre expérimentation.

Notre étude a aussi montré que; la quantité d'azote fournie par les résidus varie en fonction de leur nature. Les résidus de stylosanthes fournissent plus d'azote que ceux des riz et des maïs+dolique. Par ailleurs, l'offre en azote des résidus de riz est encore importante que celle des maïs+dolique. On peut donc confirmer que les plantes légumineuses fournissent beaucoup plus d'azote que les plantes graminées.

4.2.2. Effet des paillis sur l'émergence des adventices

Durant la campagne d'essai 2011-2012 les résultats obtenus montrent que sur le traitement avec mulch de stylosanthes, le traitement à 30% de couverture du sol présente quasiment deux fois plus d'émergence, que ce soit pour les dicotylédones ou les monocotylédones par rapport aux autres couvertures. Pour le paillis du type stylosanthes il faut atteindre 99% de couverture pour avoir un effet significative. D'autre part il faut atteindre une couverture du sol de 90% en maïs+dolique pour avoir une diminution significative des émergences par rapport au témoin sans couverture.

Pour le cas des adventices de la classe des monocotylédones, même à 99% de couverture du sol il n'y a pas significativement moins d'adventice que sur le témoin sans couverture. Ce qui explique que même avec une quantité de paillis égale au double de la

quantité nécessaire pour couvrir 99%, les cyperus arrivent toujours à traverser le mulch. Les résultats obtenus sur les taux de couverture <90% semblent illogiques par rapport à d'autres recherches effectuées en serre car l'émergence des plantes adventices doit être négativement corrélée aux taux de couverture or ici ce n'est pas le cas. Donc on peut faire l'hypothèse que les taux de couverture intermédiaires permettent de retenir plus d'eau dans le sol et favorise ainsi l'émergence de la flore adventive.

Ces résultats prouvent alors que plus le mulch est épais, plus le contrôle des adventices est efficace (Derpsch *et al.*, 1991) c'est-à-dire que si le paillage est insuffisant, les adventices peuvent se développer, en profitant même de l'amélioration des conditions physiques du sol (Husson *et al.*, 2009).

Ces résultats obtenus montrent aussi que l'eau constitue un des facteurs fondamentaux sur l'émergence des adventices que sur la couverture végétale du sol. Cette affirmation est confirmée par l'importance des adventices germés avec un taux de couverture 30% de paillis stylosanthes et de maïs+dolique par rapport à des adventices émergées sur des parcelles nues.

Pourtant, à partir de 90%, l'émergence des adventices est contrôlée nettement. Cela explique l'effet positif de paillis sur la maîtrise de l'émergence des adventices. Il agit par ombrage sur les adventices. Le paillis permet donc de contrôler les mauvaises herbes en bloquant la lumière empêchant ainsi toute activité photosynthétique.

Concernant le type des adventices émergés, l'apparition des monocotylédones tels que les cyperus est toujours important quel que soit le taux de couverture du mulch installé sur la parcelle par contre les dicotylédones caractérisés surtout par les amarantes sont bien maîtrisés sur des couvertures à partir de 90%, ils ne sont nombreux que sur les taux de couverture intermédiaires. En conclusion, L'occupation du sol limite le salissement. Le couvert pénalise la germination des plantules d'adventices. Puis, la compétition pour la lumière (ombrage) avec le paillage est une handicap sur le développement des flores adventices (Quillet., 2010). Ainsi plus le taux de couverture augmente, plus l'émergence des adventices diminue, mais ceci n'est valable que seulement à un taux de couverture du sol supérieur à 90%. Ainsi, notre troisième hypothèse, affirmant l'existence d'une corrélation négative entre l'émergence des adventices et le taux de couverture, est partiellement vérifiée durant de notre recherche.

4.3. Volet informatique

Pour faciliter la gestion des informations obtenues sur les parcelles de l'essai principal durant cette première année d'expérimentation, et de répertorier les renseignements obtenus sur chaque parcelle, on a créé un logiciel très simple et facile à manipuler. Avec ce logiciel, on peut effectuer plusieurs opérations comme, l'affichage de toutes les données inscrites pour chaque parcelle, la recherche des renseignements concernant chaque parcelle à partir des numéros des parcelles. Le langage WinDev a été utilisé pour le programme.

Fenêtre1 :



Extrait de code :

```
SI Saisie1=1 ALORS
```

```
Info(" Bloc= 1, Fertilisation = F1, Gestion du sol = SCV, Système de culture =  
Maïs+stylosanthes//Stylosanthes//Riz, Culture 2011-12 = Maïs+stylosanthes ")
```

```
FIN
```

```
SI Saisie1=44 ALORS
```

```
Info(" Bloc= 2 ,Fertilisation = F1, Gestion du sol = SCV ,Système de culture =  
Maïs+stylosanthes//Stylosanthes//Riz, Culture 2011-12 = Maïs+stylosanthes ")
```

```
FIN
```

```
SI Saisie1=81 ALORS
```

```
Info(" Bloc= 3 ,Fertilisation = F1, Gestion du sol = SCV ,Système de culture =  
Maïs+stylosanthes//Stylosanthes//Riz, Culture 2011-12 = Maïs+stylosanthes ")
```

FIN

SI Saisie1=105 ALORS

Info(" Bloc= 4 ,Fertilisation = F1, Gestion du sol = SCV ,Système de culture =
Maïs+stylosanthes//Stylosanthes//Riz, Culture 2011-12 = Maïs+stylosanthes ")

FIN

Fenêtre 2 :



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans les écosystèmes cultivés en SCV, les éléments nutritifs sont concentrés majoritairement dans la biomasse qui approvisionne les horizons superficiels du sol. Les plantes cultivées puisent la majeure partie des éléments nutritifs qui leur sont nécessaires dans la litière et les premiers centimètres du sol. La fertilité est globale au système sol/plantes et n'est pas limitée au sol. Grâce aux réserves de la matière organique dans le sol et aux faibles pertes, la fertilité du sol des systèmes en SCV est améliorée et stable. Les systèmes SCV interviennent également dans la lutte contre l'émergence des plantes adventives. Cette domination des adventices se fait par compétition pour la lumière (ombrage) et les éléments nutritifs.

Des résultats sur l'essai adventices ont montré que le paillage ne constitue pas réellement une méthode de lutte efficace sauf si son taux de couverture du sol avoisine, voire dépasse les 90% pour les mulchs de maïs+dolique et 99% ceux des stylosanthes. Au-delà de ces niveaux il agit parfaitement comme concurrent des mauvaises herbes par différentes actions.

Nos résultats présentent une originalité par rapport aux autres études à cause d'un déficit de la pluie durant la période d'essai. De plus l'expérimentation sur l'évaluation de l'effet du paillage sur le contrôle des plantes adventives ne doit pas être seulement limitée sur la culture sur le versant des collines. Il est donc encore intéressant d'orienter la recherche sur l'effet du mulch dans les rizières car la majorité des terres cultivables au lac Alaotra sont de type hydromorphe.

De même sur la caractérisation de l'effet de la dégradation de la couverture végétale, démontrant qu'à la fin de la période d'expérimentation, les résidus en SCV perdent la moitié de leurs poids initiaux par contre sur les parcelles labourées les résidus se décomposent plus rapidement par rapport à ceux en SCV avec une perte du quart de leur masse initiale. La fourniture en azote des résidus est intense sur les quarante cinquièmes jours de l'essai, aussi la minéralisation des résidus est plus rapide sur les systèmes labourés que sur ceux en SCV. L'offre en azote est différente selon le type de résidus, par contre il n'existe pas de différence significative selon le mode de gestion du sol. On aurait dû, si la saison des pluies est plus arrosée, prolonger les dates de prélèvements jusqu'au post-récolte afin d'en tirer une large gamme de résultats sur la décomposition et l'offre en azote des résidus. De même la comparaison de la dégradation des différents types de résidus conduit en SCV et au labour doit être effectué sur les mêmes types de litières.

Des perspectives peuvent être également proposées face à ces limites précitées. Ces recherches doivent être répétées plusieurs fois afin d'avoir d'autres résultats avant la

vulgarisation aux agriculteurs. Pour cela, il serait nécessaire de reprendre les mêmes travaux car un essai d'une seule campagne d'expérimentation n'est pas suffisant pour permettre de tirer une conclusion définitive sur ces études.

A propos de l'essai mulch-adventices, la caractérisation de l'effet du paillage sur la maîtrise des mauvaises herbes dans les rizières s'avère intéressant car les sols hydromorphes sont des véritables proies des adventices.

Concernant l'expérimentation sur la caractérisation de l'effet de la dégradation de la couverture végétale sur l'offre en azote en agriculture de conservation, l'essai doit se concentrer sur la comparaison de la décomposition et la minéralisation de mêmes types de résidus. Suivant le mode de gestion du sol, les LB auraient dû être traités dans les mêmes conditions, les placer en surface ou enterrer ou bien les deux cas en même temps.

Ainsi les performances des SCV en augmentant le taux de la matière organique du sol, limitant les pertes dues aux lessivages des éléments minéraux du sol et servant de paillage pour lutter contre les adventices ont été démontrées tout au long de cet ouvrage. De plus leurs rôles en stockant l'eau du sol et en restaurant la fertilité du sol est considérable.

Malgré les avantages des SCV, de nombreux points nécessitent des vérifications particulières notamment :

- Est-ce que les intrants nécessaires à l'installation de semis direct sur SCV sont à la portée des revenus des paysans malgaches ?
- Compte tenu de la diversité du climat, de la nature du sol, ... et du type des plantes de couverture, est-il possible d'intégrer ces systèmes en SCV dans diverses régions de Madagascar?

Normalement une considération économique de l'étude semble être nécessaire mais mieux vaut d'abord se concentrer sur les impacts positifs des systèmes de culture en semis direct sur les deux essais réalisés car l'évaluation économique est encore une autre filière à démontrer.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1.** Abiven S., Recous S., Reyes Gomes V. et Olivier R., 2002. Impact of residue quality and location in soil on the C and N mineralization of residues from cropping system from Cerrados Brazil. 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand.
- 2.** AFD, 2006. Lutte contre la désertification : l'apport d'une agriculture en semi-direct sur couverture végétale permanente (SCV). Dossiers thématiques n°4 du comité Scientifique Français de la Désertification.
- 3.** AFD., 2007. Direct Seeding mulch-based cropping systems (DMC) - An alternative to conventional cropping systems in developing countries. Paris France.
- 4.** Anderson J.M., Ingram J.S.I., 1989. Organic matter and nutrients dynamics. Tropical Soil Biology and fertility : a handbook of methods. Cab international. 57-80pp.
- 5.** Autfray, P. décembre 2002. Effets de litières sur l'offre en azote d'origine organique dans des systèmes de culture de maïs à couvertures végétales, études de cas dans la zone à forêt semi-décidue de côte d'Ivoire, Thèse Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 102pp.
- 6.** Azontonde H.A. 2000. Dynamique de la matière organique et de l'azote dans le système Mucuna-Maïs sur un sol ferrallitique (terres de barre) au sud Bénin. Thèse de doctorat. Ministère de l'agriculture. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier-Institut de recherche pour le développement-Institut National des recherches Agricoles du Bénin. 71-171pp.
- 7.** Balesdent J., Chenu C., Balabane M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil and Tillage Research 53 (3-4). pp 215-230.
- 8.** Barberi, P. 2001. Weed management in Organic agriculture: are we addressing the right issues. Pise.
- 9.** Bernhard-Reversat F. 1981. Note sur l'influence du régime thermique sur l'ammonification et la nitrification dans un sol de savane sahélienne. Cahier ORSTOM, Série pédologie Vol. XVIII, n°2. 147-152pp.
- 10.** Buresi J. M. 2006. Mission pour l'évaluation de la diffusion des SCV par les membres du GSDM. *Rapport de mission Madagascar, Evaluation diffusion GSDM-09/2006*. 43pp.
- 11.** Cellier, P., Germon, J.C., Henault, C., Genermont, S., 1997. Les émissions d'ammoniac (NH₃) et d'oxyde d'azote (NO et N₂O) par les sols cultivés : mécanismes de production et quantification des flux, In : Lemaire, G., Nicolardot, B. (Eds.) Maîtrise et gestion de l'azote dans les agrosystèmes, série les Colloques de l'INRA, INRA Editions, Paris, 25-37pp.

12. Charpentier H. et al., 2000. Projet de diffusion de systèmes de gestion agrobiologique des sols et des systèmes cultivés à Madagascar. Rapport de campagne 1999-2000. *TAFA Ambantondrazaka, Madagascar* 123pp.
13. Collectif « SOL-SCV » (GSDM, IRD, CIRAD, TAFA, FOFIFA), 2008. Pratiques SCV, Services écosystémiques. 37pp.
14. Constantinides M., Fownes J.H. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationships to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biology and Biochemistry*. 26:49-55pp.
15. Coppens F., 2005. Water, carbon and nitrogen dynamics in soil. Influence of crop residue location and quality. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique Paris Grignon. 2003pp.
16. Derpsch R., Roth C.H., Sidiras N., Köpke U., 1991. Contrôle de l'érosion au Parana, Brésil. systèmes de couverture du sol, plantation directe préparation conservacionista du sol. *GTZ, IAPAR, Brésil*, 272pp.
17. Domas R., Andriamalala H. 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. *CIRAD/AFD, Phonsavan Xieng Khouang Laos PDR*, 31pp.
18. Dore, T., Le bail, M., Martin, P., Ney, B., & Roger-estradé, J. 2006. L'agronomie aujourd'hui. Versailles: Editions QUAE.
19. Ducrot, R. 1996. Régulation d'une production en situation d'incertitudes et de fortes contraintes: exemple des systèmes rizicoles du Lac Alaotra (Madagascar). Mémoire de thèse, INAPG-CIRAD.
20. Duiker, S.W., Lal, R., 1999. Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* 52, 73-81pp.
21. Durant Claire et Nave Stéphanie. 2007. Etude des dynamiques agraires et des stratégies paysannes dans un contexte de pression foncière, Lac Alaotra, Madagascar. 15pp.
22. FAO, 2008. Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. [En ligne] URL : <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>.
23. Frédérique Duguet, 01 mars 2005, Minéralisation de l'azote et du phosphore dans les sols organiques cultivés du sud-ouest du Québec, 80pp.
24. Gaylord Erwan Machinet, 19 février 2009. Utilisation de la variabilité génétique du Maïs pour évaluer le rôle de la qualité chimique des racines sur le processus de décomposition dans les sols, Thèse de doctorat, 1-34pp

- 25.**Hamza, M. A., Anderson, W. K., 2005. Soil compaction in cropping systems - a review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and Tillage Research* 82, 121-145pp.
- 26.**Heal, O.W., Anderson, J.M., Swift, M.J., 1997. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: Cadisch, G., Giller, K.E. (Eds.) *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford, UK. 3-30pp.
- 27.**Husson, O., Charpentier, H., Naudin, K., Razanamparany, C., Moussa, N., Michellon, R., Septembre 2009. Le choix des cultures, associations et successions. Vol II. Chap 1. 24pp.
- 28.**Isabelle Dounias. Janvier 2001. Les systèmes de culture à base de couverture végétale et semis direct en zones tropicales. Centre National d'Etudes Agronomiques des Régions Chaudes CNEARC. 164pp.
- 29.**ITAB. 2005. Maîtriser les adventices en grandes cultures biologiques. Paris: Guide Technique Itab.
- 30.**J.Boiffin, 01 octobre 1975. Matière organique et fertilité du sol. INAPG,
- 31.**Laingo Irintsoa Rasolofo. 18 Août 2011. Caractérisation des effets de la couverture végétale sur le contrôle de l'érosion hydrique et sur la maîtrise de l'émergence des adventices au lac alaoatra. 10pp.
- 32.**Le Gal P.Y., 2009. Agronomie et conception de système de production innovants, Montpellier,France.Umr Sert,Cnearc.
- 33.**Machet J-M.,Recous S., 2004. Biodisponibilité des différentes sources d'azote pour la nutrition des plantes.Gestion de l'azote, Avancées Scientifiques et Améliorations des Pratiques.INRA Unité d'Agronomie de Laon-Remis-Mons, 40pp.
- 34.**Marion Quillet, Septembre 2010. Maitriser la flore adventive : Etudes des stratégies de désherbage mécanique auprès des agriculteurs biologique, 29pp.
- 35.**Martens, D.A., 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 361-369pp.
- 36.**Mellilo J.M., Aber J.D., Muratore J.F. 1982. Nitrogen and ligin control of hardwood laef litter decomposition dynamics. *Ecology* 63. 621-626pp.
- 37.**Meyanard ,J.-M.,Aggieri,F.,Coulon,J.-B.,Habib,R.,Thillon ,J.-P. 2006. Recherches sur les systèmes agricoles innovants. Rapport du groupe de travail.INRA,Paris.
- 38.**Mikha M.M., Rice C.W. et Benjamin J.G., 2006. Estimating soil mineralizable nitrogen under different management practices. *Soil science society of America*. pp.1522-1531.
- 39.**Ministère de l'Agriculture,(MA) secrétariat général. 2001. Monographie de la région du Moyen-Ouest.Unité de politique pour le développement rural(UPDR).Madagascar. 129pp.

- 40.** Moyin-Jesu, E. I., 2007. Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentum* L). *Bioresource Technology* 98. 2057-2064pp.
- 41.** Nicolardot, B., Mary, B., Houot, S., Recous, S., 1997. La dynamique de l'azote dans les sols cultivés. In : Lemaire, G., Nicolardot, B. (Eds.) *Maîtrise et gestion de l'azote dans les agrosystèmes Série les Colloques de l'INRA*, INRA Editions, Paris. 87-103pp.
- 42.** Oades, J. M., 1984. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil* 76, 319-337pp.
- 43.** Parr, J.F., Papendick, R.I., 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. In: Oschwald, W.R. (Ed.), *Crop residue Management Systems*, American Society Agronomy, Madison, Wisconsin, 101-129pp.
- 44.** Paul.E.A. 1992. Organic matter decomposition. *Encyclopepia of microbiology*. Vol.3.289-303pp.
- 45.** Philippe Duchaufour. 01 janvier 2001. *Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement*. 6° éd. de l'abrégé de pédologie [Dunod].- Paris, 331pp.
- 46.** Prieur, L. Février 2010. *Maîtriser les adventices dans les cultures biologiques*. Consulté le Février 2010, sur Action 1 : Accompagner l'AB comme mode de production innovant et performant pour l'ensemble de l'agriculture: www.195.101.239.116/rmtdevab/moodle/course/view.PHPID=2.
- 47.** Rahaniraka, H. 2000. Proposition d'utilisation de deux nouveaux herbicides sur le riz à la place des moyens usuels de lutte contre les mauvaises herbes: cas de quatre régions de Madagascar. . *Mém AGRI*. 107 pp.
- 48.** Rakotoarisoa Jacqueline. 05 janvier 2001. Comparaison de l'efficience de la nutrition azotée du riz pluvial en labour et en semis direct sous couverture végétale, cas des sols ferrallitiques humifères d'Andranomanelatra dans la région du vakinankatra. Thèse de doctorat en science de la vie et de la terre. 14pp.
- 49.** Randriamampianina Jean Augustin, Janvier 1991. Lutte contre les mauvaises herbes en riziculture au Lac Alaotra, 25pp.
- 50.** Raunet, M. 1999. Caractérisation morphopédologique des sites de références du projet <<gestion durable des sols>> (ANAE-TAFA-CIRAD).
- 51.** Razafimbelo, T., 2005. Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous système en semis direct avec couverture végétale des hautes terres malgaches *Sols tropicaux*, 120pp + annexes.

- 52.**Reyes Gomes V.M.,Findeling A., Marlet S., Olivier R., Maraux F., Alves Moreira J.A., Stone L.F.,Douzet J.M.,Scopel E. et Recous S. 2002. Influence of no-tillage and cover plants on water and nitrogen dynamics in the Cerrados,Brazil,World congress of soil science.Bangkok: WCSS,1 disque optique numérique (CD-ROM).
- 53.**Sariyildiz, T., Anderson, J.M., 2003. Interactions between litter quality, decomposition and soil fertility: a laboratory study. *Soil Biology and Biochemistry*. 35, 391-399pp.
- 54.**Scopel E., Douzet J.M., Silva M. F.A, Cardoso A., Moreira J.A.A., Findeling A., et Bernoux M., 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les Cerrados brésiliens- *Cahiers d'Agriculture*, 14 (1), pp. 71-75.
- 55.**Séguy L., & Bouzinac S., 1996. Le soja au Brésil: production et système de culture. CIRAD-CA -Document N°2. 42 pp.
- 56.**Séguy L.,Bouzinac S., Scopel E.,Ribeiro F., 2003. New concepts for sustainable management of cultivated soils through direct seeding mulch based cropping systems: the CIRAD experience,partnership and networks.Second Congress in conservation Agriculture,Foz de Igacu,Brazil,CAPASS,FBPDP.
- 57.**Séguy L.,Bouzinac S.,Maronezzi A.C. 2001. Système de culture et dynamique de la matière organique.Dossier du semis direct sous couverture. CIRAD-CA, 320pp.
- 58.**Séguy, L. & Bouzinac, S., 1999. Cultiver durablement et proprement les sols de la planète, en semis direct. CIRAD-CA/GEC, 47pp.
- 59.**Séguy,L.,Husson,O.,Charpentier,H.,Bouzinac,S.,Michellon,R.,Chabanne,A.,Boulakia,S.,Tivet ,F.,Naudin ,K.,Enjalric,F.,Ramaroson ,I.,Rakotondramanana, Oct 2009. Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente Vol I.Chap I.32pp.
- 60.**Six J., Conant R.T., Paul E.A. et Paustian K., 2002. Stabilization mechanism of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and soil*, pp241.
- 61.**Sommer, S.G., Olesen, J.E., Christensen, B.T., 1991. Effects of temperature, wind speed and air humidity on ammonia volatilization from surface applied cattle slurry, *J. Agric. Sci.* 117, 91-100pp.
- 62.**Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems *Studies in Ecology*. Vol 5. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK., 372pp.
- 63.**Tan Z., Lal R., Owens L. et Izaurralde R. C., 2007. Distribution of light and heavy fractions of soil organanic carbon as related to land use and tillage pratice. *Soil and Tillage Research*, 92, pp. 53-59.

- 64.**Triomphe, B.F., Goulet, F., Dreyfus, S., Tourdonnet, 2007. Du labour au non labour : pratiques, innovations et enjeux au Sud et au Nord, Nous labourons, Actes du colloque « Techniques de travail de la terre, hier et aujourd'hui, ici et là-bas ». R. Bourrigaud et F. Sigaut, Nantes, Nozay, Châteaubriant, 371-383pp.
- 65.**Turner, R., Davies, G. M., Grundy, A., & Mead, A. 2006. Organic weed management : A review of the current UK farmer perspective. Coventry: Crop protection.
- 66.**Valantin-Morisson, M., Guichard, L., & Jeuffroy, M.-H. 2008. Innovations agronomiques. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers des éléments de l'itinéraire technique
- 67.**Vanlauwe B., Nwoke., O.C., Sanginga N., Merckx R. 1996. Impact of residue quality on the C and N mineralization of leaf and root residues of three agro-forestry species. Plant and soil 183: 221-231pp.
- 68.**Vigil M.F., Kissel D.E. 1991. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralised from crop residues. Soil science society of american journal 57: 66-72pp.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tableau de l'évolution de surface en SCV et nombre des paysans adoptant le SCV au lac Alaotra	VII
Annexe 2 : Données météorologiques (pluies et température) enregistrées sur 12 ans (2000 à 2012) au Lac Alaotra	VII
Annexe 3 : Répartition des pluies par décade.....	IX
Annexe 4 : Plan du dispositif expérimental (1)	X
Annexe 5 : Plan du dispositif expérimental (2)	XI
Annexe 6 : Modes de calcul de la perte en masse et la fourniture en azote des résidus dans un litter-bags en 2011/2012	XII
Annexe 7 : Quantité et taux de couverture installé sur chacun des parcelles élémentaires (Expérimentation mulch-adventices).....	XV
Annexe 8 : Liste des adventices émergés sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices ».....	XVI
Annexe 9 : Caractéristiques des plantes adventives les plus dominantes sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices ».....	XVI
Annexe 10 : Synthèse des résultats de l'émergence d'adventices sur un site d'expérimentation au Lac Alaotra.....	XVIII

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau de l'évolution de surface en SCV et nombre des paysans adoptant le SCV au lac Alaotra

Campagne	CULTURE DE SAISON		CONTRE SAISON	
	Surface (ha)	Nb paysans	Surface (ha)	Nb paysans
CS-3			11	315
3/4	83	609	20	302
4/5	470	1191	46	344
5/6	1469	1801	91	600
6/7	1054	1570	138	547
7/8	1237	1978	195	750
8/9	2130,4	2189	522	1964
9/10	2834	2398	677	1549
10/11	3165	2774	1008	1925

Source : Rasolomanjaka, Ingénieur Agronome au BVlac, Expert SCV détaché par GSDM

Annexe 2 : Données météorologiques (pluies et température) enregistrées sur 12 ans (2000 à 2012) au Lac Alaotra

Précipitations (mm) enregistrées sur le site d'expérimentation depuis sept 2000 à Août 2012

Année	Précipitation en mm											
	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
2000-01	3,7	1,1	50,2	165,5	706,4	105,9	24,1	28,9	2,9	6,9	1,5	10,6
2001-02	1,3	13,5	0,1	208,6	93,6	432,2	58,7	14,1	119,3	6,4	6,1	1,5
2002-03	8,6	0,9	44,5	389,6	485,9	311,2	135,6	3,1	8,6	4,3	4,4	1,7
2003-04	8	31,4	54,2	160,4	220,2	129,8	128,2	16,3	5,2	8,2	3	2,8
2004-05	4,9	0	7,1	366,8	142,8	484	342,1	46,6	7,4	5,1	33,5	8,4
2005-06	6,7	0,1	57,4	221,4	138,4	86,3	107,3	13	4,7	8,9	6,8	15,2
2006-07	1,4	0,8	84,7	60,5	513,9	446	156,1	50,5	8	3,3	14	2,4
2007-08	11,3	11,8	12,3	140,2	212	409,9	41,3	2,3	15	14,3	6,8	0,6
2008-09	17,6	80,7	233,4	106,7	239,6	192	219,8	146,9	7,9	1,2	1,2	3,2
2009-10	3,2	6,6	54,7	103,9	431,4	75,5	404,9	2,6	10,3	14,4	14,4	4,9
2010-11	0	0	17,2	123,8	102,1	188	161,5	10	37	5	4	3,5
2011-12	9,5	7,5	29	186	238	331	62	38	6,5	5,5	0	0
Cumul annuel	6,35	12,87	53,73	186,12	293,69	265,98	153,47	31,03	19,40	6,96	7,98	4,57

Source : Station météorologique nationale Ambohitsilaozana ; station CIMEL et pluviomètre sur terrain de l'expérimentation Ambohitsilaozana

Températures enregistrées sur douze ans (2000-2012)

Température en °C												
Année	Température minimale en °C											
2000-01	12,6	14,7	16,8	19,2	20	19,2	19,1	17,1	15,4	13,5	11,9	13,6
2001-02	13,2	15,1	15,3	18,3	18,8	19,4	19	17,1	16	13,4	12,6	12,7
2002-03	9,5	14,7	17	18,9	19,9	19	18,8	18,2	17	12,7	12,2	11,6
2003-04	13,8	14,7	16,9	18,6	19,8	18,9	18,8	16,6	14,2	12,3	12	12,3
2004-05	13,7	15,8	16,9	18,9	19,5	20	19,7	17,4	16,2	13,9	12,3	12,6
2005-06	13,5	14	16,8	19	18,5	19	18,6	17,1	15,6	13,7	13,1	12,8
2006-07	13,4	14,6	17,5	19,1	20,2	20	18,3	16,9	16,3	12,5	13,6	12,8
2007-08	13,9	15,1	16,5	18,2	19,2	19,1	18,1	17,3	14,6	13,3	12,1	12,7
2008-09	14,3	15,4	18,6	18,1	19,4	18,4	19,1	17,7	15,2	13,7	12,9	13,8
2009-10	14,5	15,5	17,8	19,2	19,7	19,5	19,7	17,1	16,3	15,2	12,4	13,3
2010-11	13,2	15	16,4	18,3	19,4	19,2	18,8	17,3	14,7	12,5	11,1	12,3
2011-12	12,48	14,29	16,14	18,11	19,66	19,39	17,90	17,73	14,88	12,96	12,40	12,70
*MA	13,17	14,91	16,89	18,66	19,51	19,26	18,83	17,29	15,53	13,30	12,38	12,77
	Température maximale en °C											
2000-01	24	27,6	28	29	28,2	28,8	28,8	27,4	26,1	22,6	22,7	23,7
2001-02	26,3	26,6	28,5	30,9	29,8	28,4	28,1	27,8	25,3	22,9	23,8	22,7
2002-03	25	26,7	30	29	27,6	28,2	28,4	28,9	27,5	23,9	22,7	23,6
2003-04	25,2	28,3	29,5	28,8	28,5	28,6	27,1	27,8	25,3	23	23,8	24,2
2004-05	26	27,7	28,8	28,4	29,2	29,6	28,8	28,4	24,9	23,8	22,6	22,8
2005-06	24,2	26,4	29,1	30,2	28,4	28,4	28,3	28,2	26,6	24,5	22,6	24
2006-07	25	27	29,2	28,6	28,5	27,9	28	26,4	26	23,3	23,1	23,8
2007-08	24,1	26,3	29,6	30,2	28,5	26,5	27,3	28	25,1	23,3	22,4	23,9
2008-09	26,4	27	28	29,1	29,3	28,3	28,9	26,8	26,7	25,3	22,8	24,1
2009-10	25,8	28	29,2	29,7	28,4	28,5	28,7	28,1	27,5	24,8	22,9	23,2
2010-11	25,2	27,2	29,3	30,8	28,7	28,3	28,1	30,1	29,1	27,3	25,9	27
2011-12	27,53	29,67	31,95	31,73	29,08	30,10	30,26	29,16	27,41	25,23	23,10	23,80
*MA	25,39	27,37	29,26	29,70	28,68	28,47	28,40	28,09	26,46	24,16	23,20	23,90
	Température moyenne en °C											
2000-01	18,3	21,2	22,4	24,1	24,1	24	24	22,3	20,8	18,1	17,3	18,7
2001-02	19,8	20,9	21,9	24,6	24,3	23,9	23,6	22,5	20,7	18,2	18,2	17,7
2002-03	17,3	20,7	23,5	24	23,8	23,6	23,6	23,6	22,3	18,3	17,5	17,6
2003-04	19,5	21,5	23,2	23,7	24,2	23,8	23	22,2	19,8	17,7	17,9	18,3
2004-05	19,9	21,8	22,9	23,7	24,4	24,8	24,3	22,9	20,6	18,9	17,5	17,7
2005-06	18,9	20,2	23	24,6	23,5	23,7	23,5	22,7	21,1	19,1	17,9	18,4
2006-07	19,2	20,8	23,4	23,9	24,4	24	23,2	21,7	21,2	17,9	18,4	18,3
2007-08	19	20,7	23,1	24,2	23,9	22,8	22,7	22,7	19,9	18,3	17,3	18,3
2008-09	20,4	21,2	23,3	23,6	24,4	23,4	24	22,3	21	19,5	17,9	19
2009-10	20,2	21,8	23,5	24,5	24,1	24	24,2	22,6	21,9	20	17,7	18,3
2010-11	19,2	21,1	22,8	24,6	24	23,7	23,5	23,7	21,9	19,9	18,5	19,7
2011-12	20,00	21,98	24,05	24,92	24,37	24,74	24,08	23,45	21,14	19,09	17,80	18,20
*MA	19,31	21,16	23,09	24,20	24,12	23,87	23,64	22,72	21,03	18,75	17,83	18,35

Source : Station météorologique nationale Ambohitsilaozana

Annexe 3 : Répartition des pluies par décade

Mois	Décade	Pluie (mm)
Novembre 2011	décade 1	0
	décade 2	20
	décade 3	0
Décembre 2011	décade 1	87
	décade 2	48
	décade 3	89
Janvier 2012	décade 1	154
	décade 2	35
	décade 3	85
Février 2012	décade 1	42
	décade 2	131
	décade 3	159
Mars 2012	décade 1	15
	décade 2	12
	décade 3	47
Avril 2012	décade 1	35
	décade 2	4
	décade 3	0
Mai 2012	décade 1	0
	décade 2	0
	décade 3	4
TOTAL		967

Pluvio-terrain= Pluviomètre à lecture directe sur le terrain d'expérimentation

Source : Pluviomètre à lecture directe, Auteur, 2011-2012

Annexe 5 : Plan du dispositif expérimental (2)

10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m		
113 lab SR maïs+stylo F1	114 lab R maïs+dolique F2	115 SCV maïs+dolique F2	116 lab SR stylo F1	117 lab SR stylo F2	118 lab R riz F2	119 lab SR maïs+stylo F2	120 SCV maïs+stylo F2	10m	} B L O C I V
105 SCV maïs+stylo F1	106 lab SR riz F1	107 lab SR maïs+dolique F1	108 lab SR riz F2	109 lab R stylo F2	110 lab SR riz F2	111 SCV riz F1	112 SCV stylo F2	10m	
98 SCV maïs+dolique F1	99 lab R maïs+dolique F1	100 lab SR maïs+dolique F2	101 lab R riz F2	102 SCV riz F1	103 lab R riz F1	104 lab R maïs+dolique F2	10m		
91 lab R riz F1	92 lab maïs+dolique F2	93 lab R maïs+stylo F1	94 SCV stylo F1	95 lab SR riz F1	96 SCV riz F2	97 SCV riz F2	10m		
85 lab SR riz F1	86 SCV riz F2	87 lab R maïs+dolique F2	88 SCV riz F2	89 SCV stylo F2	90 lab R riz F1	10m			
79 lab R stylo F2	80 SCV riz F1	81 SCV maïs+dolique F1	82 SCV maïs+dolique F2	83 lab R maïs+stylo F2	84 lab SR riz F2	10m			
73 lab R stylo F2	74 lab SR stylo F2	75 lab R stylo F1	76 lab SR maïs+dolique	77 SCV maïs+dolique F2	78 lab SR stylo F1	10m			
67 SCV riz F1	68 lab SR maïs+dolique F1	69 lab R riz F1	70 lab R maïs+dolique F1	71 SCV maïs+dolique F1	72 lab SR riz F2	10m			
61 lab SR riz F1	62 lab R maïs+dolique F1	63 lab R riz F2	64 SCV stylo F1	65 lab R riz F2	66 lab SR maïs+dolique F1	10m			
								10m	

Source : Auteur

Annexe 6 : Modes de calcul de la perte en masse et la fourniture en azote des résidus dans un litter-bags en 2011/2012

LIEU	Gestion du sol	Système	Type de résidus	Bloc	N°parcelle	Jour après mis en place des LB	Date de mesure	Poids des résidus dans les LB en g	Perte en masse des résidus en %	Teneur en azote des résidus en % MS	Quantité en N des résidus restants dans les LB en Kg.ha ⁻¹	Quantité en N fournie après résidus en Kg.ha ⁻¹
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc 0	0	0	26-nov-11	37,00	1,00	2,08	153,92	0,00
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	10	11-déc-11	36,87	1,00	2,00	147,48	6,44
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc II	44	10	11-déc-11	25,89	0,70	1,80	93,20	60,72
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	10	11-déc-11	37,00	1,00	1,70	125,80	28,12
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	20	21-déc-11	31,50	0,85	2,05	128,87	25,05
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc III	81	20	21-déc-11	30,48	0,82	1,78	108,51	45,41
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	20	21-déc-11	34,47	0,93	1,11	76,23	77,69
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	30	31-déc-11	30,15	0,81	1,00	60,30	93,62
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc III	81	30	31-déc-11	29,53	0,80	1,90	112,21	41,71
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	30	31-déc-11	29,00	0,78	2,00	116,00	37,92
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	45	15-janv-12	23,96	0,65	2,25	107,77	46,15
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc II	44	45	15-janv-12	17,67	0,48	2,80	98,95	54,97
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	45	15-janv-12	29,99	0,81	1,00	59,98	93,94
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	60	30-janv-12	23,25	0,63	1,57	72,91	81,01
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc III	81	60	30-janv-12	21,91	0,59	1,66	72,61	81,31
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	60	30-janv-12	24,52	0,66	2,16	105,82	48,10
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	75	14-févr-12	25,61	0,69	2,04	104,39	49,53
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc II	44	75	14-févr-12	14,00	0,38	1,98	55,45	98,47
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	75	14-févr-12	23,56	0,64	1,89	89,26	64,66
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc I	1	105	15-mars-12	17,87	0,48	1,85	66,18	87,74
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc II	44	105	15-mars-12	13,38	0,36	2,52	67,42	86,50
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc III	81	105	15-mars-12	16,86	0,46	2,73	92,17	61,75
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	105	15-mars-12	16,39	0,44	2,33	76,50	77,42
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc II	44	123	14-avr-12	11,50	0,31	1,95	44,96	108,96
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc III	81	123	14-avr-12	14,22	0,38	2,54	72,12	81,80
Ambatofotsy	SCV	Maïs+stylo/Riz	Riz	Bloc IV	105	123	14-avr-12	15,10	0,41	2,26	68,20	85,72
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc 0	0	0	26-nov-11	25,00	1,00	2,33	116,50	0,00
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	10	11-déc-11	23,45	0,94	2,45	114,91	1,60
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc II	40	10	11-déc-11	17,82	0,71	2,27	81,04	35,46
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	10	11-déc-11	23,62	0,94	2,00	94,48	22,02

Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc II	40	20	21-déc-11	15,56	0,62	2,40	74,69	41,81
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	20	21-déc-11	16,84	0,67	2,20	74,10	42,40
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	20	21-déc-11	24,56	0,98	2,12	104,13	12,37
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	30	31-déc-11	20,89	0,84	2,00	83,56	32,94
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	30	31-déc-11	19,94	0,80	2,30	91,72	24,78
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	30	31-déc-11	22,72	0,91	1,33	60,44	56,06
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	45	15-janv-12	19,53	0,78	2,00	78,12	38,38
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	45	15-janv-12	20,17	0,81	1,60	64,58	51,92
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	45	15-janv-12	17,76	0,71	2,00	71,04	45,46
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	60	30-janv-12	18,66	0,75	1,34	50,01	66,49
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc II	40	60	30-janv-12	12,36	0,49	2,45	60,56	55,94
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	60	30-janv-12	15,89	0,64	2,77	87,89	28,61
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	60	30-janv-12	17,89	0,72	1,71	61,23	55,27
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	75	14-févr-12	18,37	0,73	1,60	58,83	57,67
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc II	40	75	14-févr-12	11,77	0,47	2,26	53,09	63,41
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	75	14-févr-12	18,50	0,74	2,21	81,92	34,58
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	102	75	14-févr-12	16,43	0,66	1,07	35,31	81,19
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	105	15-mars-12	14,23	0,57	2,12	60,36	56,14
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc II	40	105	15-mars-12	12,51	0,50	1,95	48,84	67,66
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	105	15-mars-12	15,16	0,61	1,20	36,47	80,03
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc I	14	123	14-avr-12	15,25	0,61	2,00	61,00	55,50
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc III	67	123	14-avr-12	13,39	0,54	2,40	64,23	52,27
Ambatofotsy	SCV	Riz/Maïs+dolique	MD	Bloc IV	102	123	14-avr-12	14,49	0,58	1,34	38,83	77,67
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc 0	0	0	26-nov-11	38,00	1,00	2,36	179,36	0,00
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	20	10	11-déc-11	36,39	0,96	2,20	160,12	19,24
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	10	11-déc-11	33,65	0,89	1,85	124,51	54,86
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	10	11-déc-11	36,27	0,95	2,25	163,14	16,22
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	20	20	21-déc-11	32,39	0,85	1,69	109,48	69,88
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	20	21-déc-11	32,43	0,85	2,00	129,72	49,64
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	20	21-déc-11	33,70	0,89	2,20	148,28	31,08
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	20	30	31-déc-11	29,54	0,78	2,30	135,88	43,48
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	30	31-déc-11	31,34	0,82	2,17	136,28	43,08
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	30	31-déc-11	29,45	0,78	1,23	72,45	106,91
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	56	45	15-janv-12	18,84	0,50	1,00	37,68	141,68
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	45	15-janv-12	28,79	0,76	2,47	141,94	37,42
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	45	15-janv-12	28,25	0,74	2,01	113,57	65,80
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	20	60	30-janv-12	23,04	0,61	2,02	93,08	86,28

Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	56	60	30-janv-12	12,76	0,34	2,05	52,32	127,04
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	60	30-janv-12	23,12	0,61	2,03	93,87	85,49
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	56	75	14-févr-12	17,75	0,47	1,09	38,69	140,67
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	75	14-févr-12	20,13	0,53	1,74	69,94	109,42
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	75	14-févr-12	23,90	0,63	1,36	65,19	114,17
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	56	105	15-mars-12	15,96	0,42	1,89	60,29	119,07
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	105	15-mars-12	19,52	0,51	2,17	84,81	94,55
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	105	15-mars-12	15,20	0,40	1,56	47,32	132,04
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	20	123	14-avr-12	18,48	0,49	2,01	74,29	105,07
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	80	123	14-avr-12	20,49	0,54	1,38	56,37	122,99
Ambatofotsy	SCV	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	111	123	14-avr-12	15,28	0,40	2,12	64,90	114,46
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc 0	0	0	26-nov-11	36,00	1,00	2,34	168,48	0,00
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	10	11-déc-11	30,97	0,86	1,55	96,01	72,47
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	55	10	11-déc-11	27,80	0,77	2,37	131,79	36,69
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	10	11-déc-11	27,80	0,77	2,83	157,27	11,21
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	20	21-déc-11	23,72	0,66	2,60	123,34	45,14
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	55	20	21-déc-11	21,28	0,59	2,00	85,12	83,36
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	20	21-déc-11	26,36	0,73	1,99	104,77	63,71
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	30	31-déc-11	23,97	0,67	1,94	93,00	75,48
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	30	31-déc-11	21,37	0,59	1,50	64,11	104,37
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	103	30	31-déc-11	21,70	0,60	2,48	107,78	60,70
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	45	15-janv-12	18,50	0,51	1,46	53,94	114,54
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	55	45	15-janv-12	13,82	0,38	1,99	54,90	113,58
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	45	15-janv-12	17,19	0,48	2,29	78,60	89,88
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	60	30-janv-12	18,57	0,52	1,92	71,35	97,13
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	55	60	30-janv-12	15,98	0,44	1,10	35,26	133,22
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	103	60	30-janv-12	17,12	0,48	1,13	38,57	129,91
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	75	14-févr-12	16,20	0,45	2,49	80,63	87,85
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	75	14-févr-12	12,25	0,34	1,81	44,24	124,24
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	103	75	14-févr-12	10,93	0,30	1,73	37,88	130,60
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	105	15-mars-12	12,26	0,34	2,22	54,43	114,05
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	105	15-mars-12	13,60	0,38	2,42	65,79	102,69
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	103	105	15-mars-12	9,23	0,26	2,47	45,57	122,91
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc I	16	123	14-avr-12	13,00	0,36	2,09	54,30	114,18
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc II	55	123	14-avr-12	10,92	0,30	2,78	60,72	107,76
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc III	90	123	14-avr-12	12,54	0,35	2,24	56,18	112,30
Ambatofotsy	Lab	Riz/Stylo	Stylo	Bloc IV	103	123	15-avr-12	9,67	0,27	2,50	48,35	120,13

**Annexe 7 : Quantité et taux de couverture installé sur chacun des parcelles élémentaires
(Expérimentation mulch-adventices)**

Bloc I		COUVERTURE	
Parcelle	Type	Taux(%)	Quantité(t/ha)
1	MD	90	9,17
2	S	80	4,27
3	S	200	24,5
4	MD	99	18,34
5	MD	30	1,42
6	S	90	6,11
7	S	30	0,95
8	MD	60	3,65
9	S	99	12,25
10	No-mulch	0	0
11	MD	80	6,41
12	No-mulch	0	0
13	S	150	18,375
14	MD	150	27,51
15	MD	200	36,68
16	S	60	2,43

Bloc II		COUVERTURE	
Parcelle	Type	Taux(%)	Quantité(t/ha)
17	MD	200	36,68
18	S	200	24,5
19	MD	150	27,51
20	S	150	18,375
21	S	99	12,25
22	S	30	0,95
23	MD	60	3,65
24	S	60	2,43
25	MD	80	6,41
26	MD	30	1,42
27	MD	99	18,34
28	No-mulch	0	0
29	S	90	6,11
30	MD	90	9,17
31	S	80	4,27
32	No-mulch	0	0

Bloc III		COUVERTURE	
Parcelle	Type	Taux(%)	Quantité(t/ha)
33	S	200	24,5
34	No-mulch	0	0
35	S	80	4,27
36	S	90	6,11
37	No-mulch	0	0
38	MD	30	1,42
39	MD	99	18,34
40	MD	200	36,68
41	S	60	2,43
42	MD	90	9,17
43	S	99	12,25
44	MD	80	6,41
45	MD	60	3,65
46	S	30	0,95
47	MD	150	27,51
48	S	150	18,375

Bloc IV		COUVERTURE	
Parcelle	Type	Taux(%)	Quantité(t/ha)
49	MD	150	27,51
50	MD	90	9,17
51	No-mulch	0	0
52	MD	80	6,41
53	S	30	0,95
54	S	80	4,27
55	S	60	2,43
56	S	99	12,25
57	MD	60	3,65
58	MD	30	1,42
59	MD	99	18,34
60	MD	200	36,68
61	No-mulch	0	0
62	S	150	18,375
63	S	90	6,11
64	S	200	24,5

MD: maïs+dolique, S: stylosanthes

Annexe 8 : Liste des adventices émergés sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »

Noms vernaculaires	Famille	Noms scientifiques	Types
Ambaibofo	Cyperaceae	Cyperus esculentus	Monocotylédone
Anampatsy	Amaranthaceae	Amaranthus hybridus	Amaranthus spp.
Bakakely	Asteraceae	Acanthospermum hispidum	Dicotylédone
Bakakely	Tribulaceae	Tribulus terrestris	Dicotylédone
Hazomena	Nyctaginaceae	Boerhaavia diffusa	Dicotylédone
Moravelona	Commelinaceae	Commelina benghalensis	Monocotylédone
Tithonia	Asteraceae	Tithonia diversifolia	Dicotylédone
Tsikoboko	Portulacaceae	Portulaca oleracea	Dicotylédone
Tsindahory	Tiliaceae	Corchorus olitorus	Dicotylédone
Tsipipihina, Ahitromby,	Poaceae	Eleusine indica	Monocotylédone
Tsipolitra, Anantsinahy	Asteraceae	Bidens pilosa	Dicotylédone

Annexe 9 : Caractéristiques des plantes adventives les plus dominantes sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »

Cyperus esculentus ou Karerika



Cyperus esculentus-Famille des cyperaceae

Les cyperus sont des monocotylédones vivaces, de type C4, herbacées, érigées, de 10 à 40 cm de haut

Racine: fasciculé très dense, avec rhizomes, bulbes et tubercules.

Tiges: ramifiées, triangulaires et glabres

Feuilles: en forme de v, vert foncé, luisantes, disposées à 120 ° en étoiles à trois branches, à la base.

Inflorescences: de couleurs marron-rouge situées au sommet des tiges

Reproduction: essentiellement par ses tiges souterraines.

Fréquence et importance agronomique: Très fréquentes dans les rizières et baibofo, entier véritables pestes végétales dans le monde.

Contrôles: sensibles au 2,4-D et au glyphosate

Une bonne couverture végétale retarde leur émergence

Amaranthus hybridus ou Anapatsy



Amaranthus spp-Famille des Amaranthaceae

Les amarantes sont des dicotylédones annuelles, de type C3 ou C4 selon les espèces.

Ce sont des plantes herbacées et érigées de 50 à plus de 200 cm de long.

Racine: Pivotante et très puissante

Tige: épaisse et parfois colorées

Feuilles: alternes et ovales, de 3 à 8 cm de long

Inflorescences: grandes et composées de très petites fleurs en grappes

Reproduction: par graine, produites en très grand nombre

Fréquence et importance agronomique : Fréquentes mais peu envahissantes.

Nitrophiles, souvent indicatrices de sols relativement riches.

Pas appréciées par les animaux.

Contrôles: Chimiquement, elles sont très facilement contrôlées par les herbicides de pré-levée.

**Annexe 10 : Synthèse des résultats de l'émergence d'adventices sur un site d'expérimentation au
Lac Alaotra**

Synthèse des résultats d'analyse sur la réponse des taux de couverture de stylosanthes face à l'émergence des adventices.

Monocotylédones/stylosanthes

Niveau de signification	ac	a	abc	ac	ac	bc	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	122	0	0	1	38	1	0	0
2/12	200	0	0	14	183	1	39	18
9/12	760	101	95	250	619	107	168	113
16/12	1400	768	292	653	1296	215	366	197
23/12	1627	876	337	790	1577	231	482	307
30/12	1727	894	359	826	1754	237	597	361
6/1	1928	1568	431	908	1947	250	649	411
13/1	2024	1677	494	1055	2056	268	687	444
20/1	2065	1701	519	1091	2172	274	733	478
27/1	2112	1727	534	1115	2258	280	797	524
3/2	2128	1742	539	1125	2330	285	828	554
10/2	2146	1782	546	1144	2390	287	876	578
17/2	2164	1855	554	1176	2448	291	923	602
24/2	2178	1864	565	1187	2513	295	982	639
2/3	2194	1871	575	1197	2541	297	1013	669
9/3	2203	1876	576	1200	2581	297	1022	684
16/3	2211	1879	576	1202	2599	297	1045	702

Dicotylédones/stylosanthes

Niveau de signification	ac	a	abc	ac	ac	bc	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	2	1	7	59	14	9	10	1
2/12	2	1	7	59	15	9	12	1
9/12	19	42	65	216	143	61	28	10
16/12	122	216	189	321	194	73	28	10
23/12	126	232	199	346	211	74	28	11
30/12	128	233	199	349	212	76	28	11
6/1	405	1102	781	736	299	87	28	11
13/1	446	1261	911	980	409	187	28	11
20/1	466	1350	977	1013	450	210	28	13
27/1	512	1495	1011	1111	490	277	38	19
3/2	523	1532	1030	1169	507	315	46	20
10/2	530	1541	1033	1196	518	345	52	22
17/2	540	1596	1066	1236	540	393	56	23
24/2	542	1604	1079	1262	547	422	56	23
2/3	561	1692	1147	1319	564	467	62	23
9/3	577	1736	1176	1328	571	477	65	23
16/3	580	1745	1181	1335	574	492	66	25

Adv. totaux/stylosanthes

Niveau de signification	ac	a	abc	ac	ac	bc	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	124	1	7	60	52	10	10	1
2/12	202	1	7	73	198	10	51	19
9/12	779	143	160	466	762	168	196	123
16/12	1522	984	481	974	1490	288	394	207
23/12	1753	1108	536	1136	1788	305	510	318
30/12	1855	1127	558	1175	1966	313	625	372
6/1	2333	2670	1212	1644	2246	337	677	422
13/1	2470	2938	1405	2035	2465	455	715	455
20/1	2531	3051	1496	2104	2622	484	761	491
27/1	2624	3222	1545	2226	2748	557	835	543
3/2	2651	3274	1569	2294	2837	600	874	574
10/2	2676	3323	1579	2340	2908	632	928	600
17/2	2704	3451	1620	2412	2988	684	979	625
24/2	2720	3468	1644	2449	3060	717	1038	662
2/3	2755	3563	1722	2516	3105	764	1075	692
9/3	2780	3612	1752	2528	3152	774	1087	707
16/3	2791	3624	1757	2537	3173	789	1111	727

Synthèse des résultats d'analyse sur la réponse des différents taux de couverture de maïs+dolique sur l'émergence des adventices

Monocotylédones/maïs+dolique

Niveau de signification	a	a	a	a	ab	ab	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	0	6	0	6	1	1	0	0
2/12	0	15	0	6	1	1	0	0
9/12	53	62	74	100	162	62	13	19
16/12	863	605	463	548	583	102	24	70
23/12	916	633	510	583	641	117	26	108
30/12	933	657	527	588	656	133	26	145
6/1	1126	944	873	705	774	155	29	172
13/1	1238	1024	938	761	826	185	38	229
20/1	1247	1050	961	771	841	195	39	241
27/1	1277	1069	976	788	855	214	43	285
3/2	1284	1079	981	793	864	220	44	307
10/2	1286	1086	986	795	866	228	44	338
17/2	1305	1097	997	805	871	233	45	364
24/2	1309	1104	1001	806	875	235	46	392
2/3	1335	1123	1009	822	876	250	47	413
9/3	1350	1128	1012	823	877	252	47	425
16/3	1354	1130	1016	824	877	259	48	447

Dicotylédones/maïs+dolique

Niveau de signification	a	a	a	a	ab	ab	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	0	2	6	43	7	63	10	0
2/12	0	2	6	43	7	66	10	0
9/12	145	143	66	199	93	217	21	0
16/12	431	550	230	336	138	240	22	0
23/12	444	564	249	353	154	243	22	0
30/12	445	568	251	358	163	244	22	0
6/1	1160	872	814	1020	285	253	22	0
13/1	1391	959	986	1160	447	283	23	0
20/1	1467	983	1055	1218	477	297	24	0
27/1	1593	1037	1167	1414	519	339	42	19
3/2	1617	1049	1198	1468	568	352	45	31
10/2	1627	1055	1220	1501	600	368	46	34
17/2	1656	1072	1294	1554	635	383	49	37
24/2	1663	1077	1316	1591	666	399	52	38
2/3	1770	1128	1396	1704	714	424	56	44
9/3	1800	1141	1428	1731	725	431	56	45
16/3	1810	1145	1432	1739	732	435	57	47

Adv. Totaux/maïs+dolique

Niveau de signification	a	a	a	a	ab	ab	b	b
Date de comptage	0	30	60	80	90	99	150	200
25/11	0	8	6	49	8	64	10	0
2/12	0	17	6	49	8	67	10	0
9/12	198	205	140	299	255	279	34	19
16/12	1294	1155	693	884	721	342	46	70
23/12	1360	1197	759	936	795	360	48	108
30/12	1378	1225	778	946	819	377	48	145
6/1	2286	1816	1687	1725	1059	408	51	172
13/1	2629	1983	1924	1921	1273	468	61	229
20/1	2714	2033	2016	1989	1318	492	63	241
27/1	2870	2106	2143	2202	1374	553	85	304
3/2	2901	2128	2179	2261	1432	572	89	338
10/2	2913	2141	2206	2296	1466	596	90	372
17/2	2961	2169	2291	2359	1506	616	94	401
24/2	2972	2181	2317	2397	1541	634	98	430
2/3	3105	2251	2405	2526	1590	674	103	457
9/3	3150	2269	2440	2554	1602	683	103	470
16/3	3164	2275	2448	2563	1609	694	105	494