

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
1. CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
1.1 Généralités sur les systèmes de cultures en semis direct sur couverture végétale permanente ou systèmes SCV.....	3
1.1.1 Historique.....	3
1.1.2 Effets positifs des systèmes SCV sur la conservation et la restauration des sols agricoles.....	3
1.1.3 Evolution de la pratique du système SCV au Lac Alaotra.....	4
1.2 Erosion.....	5
1.2.1 Définition.....	5
1.2.2 Processus de l'érosion hydrique.....	5
1.2.3 Facteurs de l'érosion hydrique.....	6
1.2.4 Effets de l'érosion hydrique.....	6
1.2.5 Erosion au Lac Alaotra.....	7
1.2.6 Méthodes de lutte antiérosives.....	9
1.3 Adventices au Lac Alaotra.....	10
1.3.1 Définition.....	10
1.3.2 Facteurs de prolifération des adventices.....	10
1.3.3 Méthodes de lutte.....	10
1.3.4 Etudes déjà adoptées sur les adventices au lac Alaotra.....	11
1.3.5 SCV et flores adventices.....	11
2. CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	12
2.1 Présentation du milieu d'étude.....	12
2.1.1 Situation géographique.....	12
2.1.2 Climat.....	12
2.1.3 Relief.....	12
2.1.4 Sol.....	13
2.1.5 Activités agricoles.....	13
2.2 Dispositifs expérimentaux.....	14
2.2.1 Dispositif expérimental de l'érosion.....	14
2.2.2 Dispositif expérimental de l'essai mulch-adventices.....	20
2.3 Traitements des données.....	23
3. CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....	24
3.1 Résultats.....	24
3.1.1 Caractéristiques de la pluie.....	24
3.1.2 Ruissellement et érosion.....	25
3.1.3 Adventices.....	30
3.2 Discussion.....	35
3.2.1 Effet des systèmes SCV sur l'érosion hydrique.....	35
3.2.2 Effet des paillis sur l'émergence des adventices.....	37
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	39

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

BIOEMCO: Biogéochimie et écologie des milieux continentaux
BVlac : Projet de mise en valeur et de protection des bassins versants au Lac Alaotra
CALA : Complexe agronomique du Lac Alaotra
CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CRR-ME : Centre régional de recherche du Moyen-Est
CTFT : Centre technique forestier tropical
CO : Carbone organique
FOFIFA : *Foibem-pirenena momba ny fikarohana ampiarina ho fampandrosoana ny ambanivohitra* ou Centre national de recherche appliquée au développement dans le monde rural
IRD : Institut de recherche pour le développement
K tot: Potassium total
LRI : Laboratoire des radio-isotopes
Lb : Labour
Lb R-f : Labour riz sur une faible pente
Lb R-F : Labour riz sur une forte pente
M+D : Association maïs et dolique
MS : Matière sèche
mL : Millilitre
N tot : azote total
P tot: Phosphore total
P : Précipitation
PAMPA : Projet d'appui multi pays à l'agroécologie
PEPITES : Processus écologiques et processus d'innovation technique et sociale en agriculture durable
SCV : Systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente
SCVm : Systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente morte
SCVv : Systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente vivante
SCV R-f : Riz sur systèmes SCV sur une faible pente
SCV R-F : Riz sur systèmes SCV sur une forte pente
SCV M+D-f : Association de maïs et dolique sur systèmes SCV sur une faible pente
SCV M+D-F : Association de maïs et dolique sur systèmes SCV sur une forte pente
T° : Température
TAFA : Tany sy fampandrosoana
GSDM : Groupement semis direct de Madagascar
URP-SCRiD : Unité de recherche en partenariat sur les systèmes de culture et riziculture durable

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES CLICHES

Cliché 1 : Erosion : (a) érosion en nappe – (b) érosion en rigoles – (c) érosion en lavaka (situation de lavaka sur le terroir) – (d) érosion en lavaka (intérieur du lavaka)	8
Cliché 2 : Station météorologique : (a) station automatique de CIMEL : (b) Capteur de température et d'humidité dans un Mini Abri – (c) Pyranomètre – (d) Anémomètre – (e) Pluviomètre	15
Cliché 3: Micro-lots d'érosion : (a) cadre mis en place avec ses équipements – (b) Fentes sur la face en aval du cadre _ Source : Laingo, 2010.....	16
Cliché 4: Opérations des mesures de ruissellement et des sédiments : (a) mesure de ruissellement – (b) rinçage des fentes – (c) filtration des échantillons	19
Cliché 5 : Modèle de photo prise pour la parcelle 27.....	22

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution de surface en SCV et du nombre des paysans adoptant le SCV au Lac Alaotra.....	5
Figure 2 : Courbe ombrothermique (données sur dix ans : 2000-2010)	12
Figure 3 : Plan de l'essai érosion	15
Figure 4 : Mesure de pente	18
Figure 5 : Plan de l'essai adventices	20
Figure 6: Une parcelle élémentaire de 2m ²	21
Figure 7 : Répartition des pluies journalières durant la campagne 2010-2011	24
Figure 8 : Ruissellement durant la campagne pluvieuse 2010-2011	25
Figure 9: Pertes en terre durant la saison pluvieuse 2010-2011	26
Figure 10 : Turbidité en fonction du traitement sur des pentes différentes.....	27
Figure 11 : Pertes en éléments en fonction du traitement sur des pentes différentes.....	28
Figure 12: Relation entre le taux de couverture et (a) le taux de ruissellement - (b) les pertes en terres	29
Figure 13 : Relation entre le pourcentage de surface encroûtée après saison pluvieuse et (a) le taux de ruissellement - (b) de l'érosion durant la saison pluvieuse.	29
Figure 14 : Rapport entre taux de couverture du sol à l'état initial et taux de couverture du sol à l'état final.....	30
Figure 15 : Dynamique de l'émergence des adventices par type de couverture en fonction de la date de suivi de l'émergence	31
Figure 16 : Emergence des adventices en fonction du taux et du type de couverture	32
Figure 17 : Poids final des adventices sur 1m ² en fonction du taux et du type de couverture.	34
Figure 18 : Nombre et poids sec d'amaranthes émergées dans 1 m ² en fonction du taux et du type de couverture pendant la campagne de l'essai (2010-2011)	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Caractéristiques des systèmes étudiés	17
Tableau 2 : Quantité de mulch utilisée correspondant aux différents niveaux de taux de couverture.....	21
Tableau 3: Répartition des précipitations suivant le nombre de jour des pluies et sa hauteur totale	24

RESUME

Cette étude vise à l'évaluation des effets du mulch sur le contrôle de l'érosion hydrique et sur la maîtrise de l'émergence des adventices. Elle a été menée sur deux dispositifs expérimentaux au Lac Alaotra sous pluies naturelles. Le premier dispositif permet de mesurer le ruissellement, les pertes en terre et en éléments, sur deux pentes différentes comportant chacun un traitement labouré en riz pluvial (Lb R), un traitement paillé en riz pluvial (SCV R) et un traitement paillé avec une association maïs et dolique (SCV M+D). 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 que par rapport aux systèmes conventionnels de labour, sous systèmes SCV, il y a une diminution du taux de ruissellement trois fois inférieure, et une réduction de pertes en terres et en éléments deux à quatre fois inférieure. Les écarts sur la quantité des éléments érodés sont doublés quand le niveau de pente passe de 6 % à 23 %. Quant à l'émergence des adventices, la différence entre les taux de couverture n'est observée qu'à partir d'un taux de 99 %. Par rapport à un sol nu, elle est respectivement vingt fois et dix fois inférieure sur des parcelles couvertes à 99 % de stylosanthes et à 99 % de maïs+dolique. En somme, la présence de la couverture végétale a un effet positif pour contrôler l'érosion hydrique, mais il n'est effectif pour maîtriser l'émergence des adventices qu'avec une couverture quasi-totale du sol, de l'ordre de 99 %, dans le cas d'une saison pluvieuse fortement déficitaire.

Mots-clés : Erosion hydrique, Adventices, Mulch, Systèmes en semis direct sous couverture végétale permanente, systèmes conventionnelles de labour, pente, Lac Alaotra.

ABSTRACT

This work allows the evaluation of the impact of the mulch to control water erosion and to control the emergence of weeds in the lake Alaotra region. With the first experiment, three cultivated treatments on each two different slopes, were used to measure runoff and soil loss. These three cultivated treatments are: system ploughed with rainfed rice or Lb R; direct seeding mulch-based cropping systems of rainfed rice or SCV R; direct seeding mulch-based cropping systems of an association maize and *dolichos* or SCV M+D. The results show that runoff is divided by three on mulch treatments compared to ploughed system, and soil losses are divided by two to four on systems SCV compared to ploughed system. These differences are more important when the level of slope increase. 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 99 %. Then, emergence of weeds is reduced by 90 to 95 % compared with a naked ground. Finally, this research shows the positive effect of mulch to control water erosion; but in case of a few rainy season, it is effective to reduce emergence of weeds only with a quasi total cover of the ground.

Key-words: Water erosion, Weeds, Mulch, direct seeding mulch-based cropping systems, conventional tillage practices, slope, Lake Alaotra.

INTRODUCTION

La région d'Alaotra constitue une importante zone productrice de riz de la Grande-Ile, avec plus de 100.000 ha de rizières dont la production génère un excédent d'environ 80.000 T de riz blanc (AVSF, 2010). Cependant, à cause de la croissance démographique, les paysans sont obligés de diminuer la durée de la jachère et d'exploiter les terrains en pente. La dégradation des sols agricoles est causée, entre autre, par la pratique des systèmes de culture fondés sur le travail du sol, l'absence de lutte antiérosive adéquate, et le manque des fertilisants organiques et minéraux (BeMartial *et al.*, 1996 ; Lucille *et al.*, 2010). Dans ces conditions, les sols agricoles sont vulnérables à l'érosion hydrique ; et les études antérieures montrent que la région d'Alaotra n'est pas épargnée par le phénomène d'érosion hydrique. A titre indicatif les pertes en terres enregistrées sur les parcelles élémentaires de culture varient entre 27,5 t.ha⁻¹.an⁻¹ jusqu'à 39 t.ha⁻¹.an⁻¹ (Ramahatody, 2007), sans omettre les dégâts dans la partie en aval, en l'occurrence l'ensablement des parcelles agricoles sur les bas fonds et les grandes plaines, cas couramment rencontré dans la région de l'Alaotra. Outre les problèmes générés par le phénomène d'érosion hydrique, les plantes adventices restent également des ennemis importants qu'il faut gérer, puisque l'enherbement entraîne une baisse notable du rendement de culture du riz, allant jusqu'à une perte de 1,25 t.ha⁻¹ (Rahaniraka, 2000). Dans ce contexte, le contrôle de ces adventices s'avère indispensable. Or, le prix des herbicides chimiques n'est pas à la portée de tous les paysans.

Pour résoudre ces problèmes, il fallait adopter des techniques culturales efficaces, qui maintiennent à la fois la protection de l'environnement et le développement de la production agricole. Cette étude porte sur des techniques de systèmes en semis direct sous couverture végétale permanente ou systèmes SCV devant permettre de résoudre les problèmes évoqués plus haut. Les systèmes SCV visent à reproduire le fonctionnement d'un écosystème naturel forestier et en particulier celui de sa litière. Ils sont basés sur trois principes fondamentaux : (i) de minimiser la perturbation du sol, et donc absence du travail du sol, (ii) de protéger le sol par une couverture végétale permanente, morte ou vivante, et (iii) d'adopter une association et une rotation culturale judicieuse (Séguy *et al.*, 2009 ; AFD, 2006). Ces systèmes sont introduits à Madagascar vers le début des années quatre vingt dix. Ils sont implantés au Lac Alaotra vers la fin des années 1990 afin d'intensifier la production agricole et de préserver les ressources naturelles de l'érosion hydrique (Chabierski *et al.*, 2008 ; Fabre, 2011).

La question générale à laquelle nous avons cherché à répondre dans cette étude est : **est-ce que les systèmes de culture sur couverture végétale permanente ont des effets positifs sur la maîtrise de la dégradation de sols par érosion hydrique et sur le contrôle de l'émergence des adventices ?** Pour répondre à ce questionnement, tout au long de ce travail de recherche, nous étions amenés à vérifier les deux hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1: Les taux de ruissellement et d'érosion sont plus faibles en systèmes SCV qu'en systèmes labourés quelle que soit la circonstance (pente faible ou pente forte),
- Hypothèse 2: L'émergence des adventices est négativement corrélée avec le taux de couverture du sol, ceci est valable quel que soit le type de couverture considéré.

Cette étude cherche à caractériser les effets des systèmes de culture sur couverture végétale permanente sur la réduction du ruissellement et des pertes en terres et sur la maîtrise de l'émergence des plantes adventices.

Le manuscrit comporte trois chapitres bien distincts :

- Le premier chapitre concerne la synthèse bibliographique, il met en exergue l'état de connaissances sur les systèmes SCV, l'érosion et les adventices dans la région Alaotra,
- Le deuxième chapitre expose les matériels et méthodes adoptées pour vérifier les deux hypothèses du départ, et
- Le troisième chapitre présente les résultats et la discussion.

1. CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1 Généralités sur les systèmes de cultures en semis direct sur couverture végétale permanente ou systèmes SCV

1.1.1 Historique

Les systèmes SCV sont introduits à Madagascar vers le début des années 1990. Ils ont été testés dans quatre régions différentes de l'île (Lac Alaotra et Moyen ouest, Hautes-terres, Sud-Est et Sud-Ouest), Ils ont pour objectifs de réduire l'érosion hydrique, d'accroître la fertilité des versants des collines, appelés communément *tanety* à Madagascar et d'améliorer l'efficacité en eau (Husson & Rakotondramanana, 2006). Au Lac Alaotra, les premiers tests datent de la fin des années 1990 ; et l'adoption technique a commencé à se généraliser de manière importante depuis les années 2000.

Trois types de systèmes SCV existent : (i) les systèmes en semis direct sur couverture végétale vivante ou SCVv, (ii) les systèmes en semis direct sur couverture végétale morte ou SCVm et les systèmes en semis direct sur couverture végétale mixte (Capillon & Séguy, 2002 ; AFD, 2007). Les deux premiers systèmes sont les plus pratiqués à Madagascar.

Pour les systèmes SCVv, la culture principale est installée avec la couverture vive qu'on doit bien choisir suivant la culture principale pour ne pas la concurrencer du point de vue fertilisant, lumière, et eau.

Quant aux systèmes SCVm, le paillage ou mulching est placé en interlignes, formant une couche de biomasses végétales mortes de 10 à 20 cm d'épaisseur. Il s'agit soit de résidus de récoltes de la culture principale précédente, soit de résidus provenant d'une autre parcelle, et soit d'une plante de couverture qui est une plante à croissance rapide, implantée avant ou après la culture principale et fournissant une forte production de biomasse. Pour cette dernière, la plante peut être broyée, roulée avec un outil ou totalement desséchée aux herbicides totaux avant le semis de la culture principale.

1.1.2 Effets positifs des systèmes SCV sur la conservation et la restauration des sols agricoles

Au-delà de l'incidence de couvertures sur la charge solide exportée ou l'amélioration de l'état structural superficiel, des modifications sur les comportements intrinsèques du sol sont induites et peuvent être caractérisées par certains paramètres physiques et hydriques ; comportement hydrodynamique et porosité (Monimeau, 1991). Les systèmes SCV diminuent les pertes en terre et en éléments nutritifs par érosion, de façon significative (Scopel *et al.*, 2005, Douzet *et al.*, 2010, Razafindramanana Rakotoniana., 2011) et élimine l'érosion éolienne (Gény *et al.*, 1992). Ils font également obstacle au développement des mauvaises herbes et ils maintiennent l'humidité (Husson *et al.*, 2009).

Les systèmes SCV remplissent également plusieurs offices, en effet :

- ils augmentent la teneur en matière organique du sol (Razafimbelo, 2005), améliore les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Dans ce contexte, ils constituent un moyen efficace pour lutter contre la dégradation du sol et participe à améliorer sa fertilité (Collectif SOL-SCV, 2008) ;

- ils ont un effet positif sur l'amélioration de la diversité faunistique et floristique du sol (Blanchart *et al.*, 2007; Husson *et al.*, 2008). Partant, ces pratiques peuvent conduire, d'une part, à lutter efficacement contre les agents pathogènes des cultures, d'autre part à restaurer une importante biodiversité faunique ;

- ils 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) ;

- ils peuvent être intégrés avec l'élevage en fournissant de la nourriture pour le bétail ; et
- ils induisent une accumulation du carbone dans les sols, carbone provenant via les restitutions végétales, du gaz carbonique (CO₂) de l'atmosphère. Ils 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).

1.1.3 Evolution de la pratique du système SCV au Lac Alaotra

Les surfaces en SCV n'ont cessé de croître dans la zone Nord-Est de Madagascar entre les campagnes culturales 2003 à 2010. La figure 1 montre l'évolution des superficies en SCV et du nombre des paysans adoptant ces systèmes au Lac Alaotra. Les données détaillées, utilisées pour l'élaboration de cette figure sont reportées en annexe 1.

Pour les deux cas étudiés, la culture de saison (Fig 1.a) et celle de contre saison (Fig 1.b), par rapport à la superficie en SCV, l'augmentation du nombre d'adoptants est supérieure à celle de la superficie en SCV, à l'exception de deux dernières années pour la culture de saison (Fig 1.a). Il faut remarquer que cette augmentation est inégale, elle varie suivant les zones considérées. A titre indicatif, dans la vallée du Sud Est, la vallée Marianina, et le PC15, elle stagne avec des résultats qualitatifs mitigés (BRL, 2006).

Malgré cette nette évolution de la surface cultivée en SCV, la surface en SCV peut être considérée comme très faible, voire négligeable (1,49 %) par rapport à la surface cultivée totale de la région. Les systèmes SCV sont encore mal connus par beaucoup des paysans du Lac Alaotra. Or la majorité des terres agricoles présentent des risques importants d'érosion qui peuvent notamment compromettre le maintien de la fertilité des sols (Chabierski *et al.*, 2008).

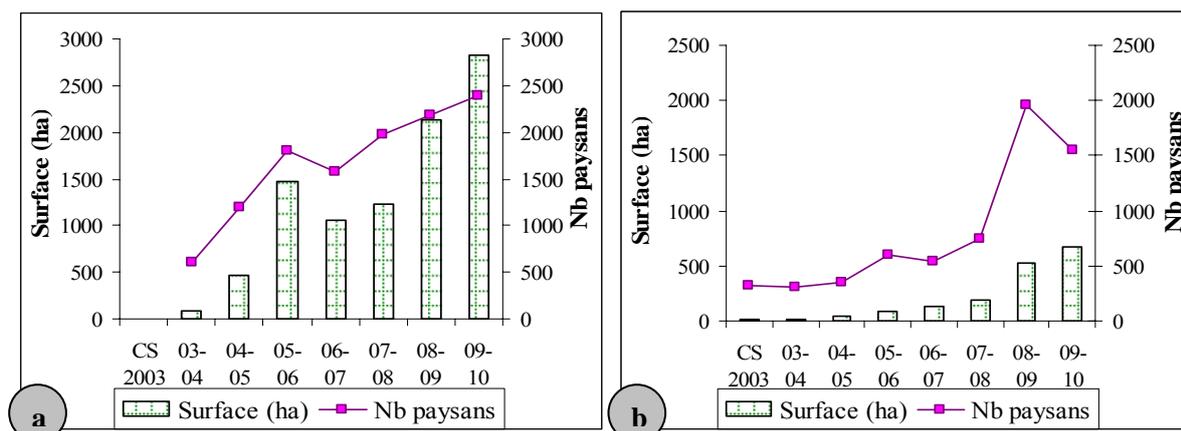


Figure 1 : Evolution de surface en SCV et du nombre des paysans adoptant le SCV au Lac Alaotra (a) : cas de saison de culture – (b) : cas de contre saison

Source : Rasolomanjaka, Expert SCV au BVlac détaché par GSDM

1.2 Erosion

1.2.1 Définition

L'érosion est un phénomène naturel qui façonne la surface de la terre depuis son origine. Le relief dont le modelé s'explique principalement par l'érosion s'appelle « relief d'érosion ». Elle agit à différents rythmes et peut, sur plusieurs dizaines de millions d'années, araser des montagnes, creuser des vallées, faire reculer des falaises (Roose, 1998).

L'érosion peut se présenter sous différentes formes, telles que l'érosion aratoire ou érosion mécanique sèche due à des instruments aratoires, l'érosion éolienne sous l'effet du vent, l'érosion fluviale, l'érosion glaciaire et l'érosion hydrique qui est la plus répandue à Madagascar (Collectif SOL-SCV, 2008).

1.2.2 Processus de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique est un processus complexe, qui comprend généralement trois phases.

Les eaux des pluies agissent sur le sol par leur force de frappe. L'énergie cinétique des gouttes de pluies provoquent ainsi le rejaillissement des particules solides et de l'eau en toutes directions ce qu'on appelle « *phénomène de splash* ». La destruction des agrégats qui se traduit soit par l'éclatement, soit par la désagrégation mécanique, soit par la microfissuration, soit par la dispersion physico-chimique des particules solides du sol, se développe en même temps que le détachement de toutes ces particules (Boiffin, 1984 ; Bissonais&Souder, 1995). C'est la première phase de l'érosion hydrique.

Lorsque l'intensité de pluie est supérieure à la capacité d'infiltration du sol, l'eau n'est plus totalement absorbée. Elle commence à ruisseler et entraîne avec elle les particules solubles disponibles à la surface du sol, issus de la désagrégation et du détachement des particules solides à la surface du sol. La capacité de transport du ruissellement dépend de sa vitesse, de l'épaisseur et de la taille des particules disponibles, de l'agressivité des pluies, et de la pente.

Les particules fines sont entraînées en suspension, les éléments de taille intermédiaire sont déplacés en saltation alors que les éléments grossiers ne peuvent être mis en mouvement que par charriage ou traction (Moss *et al.*, 1980 ; Campy, 2003). C'est la deuxième phase de l'érosion hydrique.

Suite à une diminution de l'intensité de la pluie ou une apparition d'obstacles, les haies par exemple, ou à une régression de la pente, la vitesse du ruissellement et du transport diminue puis s'arrête. Les particules entraînées se déposent finalement sur la partie aval de la zone érodée, et c'est la sédimentation qui forme la troisième phase de l'érosion hydrique.

1.2.3 Facteurs de l'érosion hydrique

La pluie est l'agent principal de l'érosion hydrique au lac Alaotra. L'érosion hydrique dépend de l'intensité de la pluie qui est la quantité d'eau tombée par unité de temps (mm.h^{-1}), de la durée de la pluie (en h), du volume de la précipitation (en l) et de la fréquence qui se définit par le nombre de jours de pluie par mois.

Différents facteurs conditionnent également la susceptibilité à l'érosion, en l'occurrence :

- le climat : la longueur des saisons sèche et humide, la force et direction du vent, la durée d'insolation, l'exposition aux vents
- les caractéristiques physique et chimique du sol telles que la texture, la structure, la teneur en matière organique, le taux d'infiltration et la capacité au champ ou capacité de rétention d'eau du sol ;
- la pente : l'érosion s'accroît avec la pente. Le taux de ruissellement est proportionnel à la longueur de la pente;
- la quantité de couverture végétale au sol : la couverture végétale restitue dans le sol des matières organiques qui elles mêmes améliorent sa structure. D'autre part, elle favorise une meilleure infiltration d'eau dans le sol et ensuite une diminution du taux de ruissellement.
- les activités anthropiques comme la pratique des feux de brousse détruisant la végétation, les défrichements, le surpâturage, et les méthodes agricoles intensives, la monoculture, la mécanisation, les différents travaux du sol tels que le labour, le sarclage, les sillons dans le sens de la pente. Il est clair que les aménagements routiers et urbains augmentent également les surfaces de ruissellement.

1.2.4 Effets de l'érosion hydrique

1.2.4.1 Sur la partie érodée

L'érosion hydrique contribue à la dégradation qualitative et quantitative des sols de la zone érodée. Elle entraîne toujours des pertes en terres et des pertes en éléments nutritifs qui sont lessivés en même temps que les particules du sol. Dans la région d'Alaotra, 979,5 millions de m^3 d'alluvions se déversent chaque année dans le lac (Ratsivalaka, 2007). L'érosion active le décapage progressif de la couche arable (Chabalier *et al.*, 1996). Le morcellement des

agrégats, le déplacement de particules fines riche en éléments nutritifs, de couches entières de sol ou de matière organique peuvent détériorer la structure. Ainsi, ces dégradations conduisent par la suite à une chute de la production agricole et les terres peuvent devenir impropres à l'agriculture après quelques années.

1.2.4.2 En aval

Selon les circonstances, l'érosion hydrique a des effets plus ou moins positifs ou négatifs sur la partie en aval du site érodé. L'impact de l'érosion des sols sur les sites éloignés (en aval) n'est pas toujours aussi apparent que celui sur le site même de l'érosion. Une partie du sol érodé, déposé au bas des pentes, peut empêcher ou retarder l'émergence de la semence, enterrer les jeunes pousses et nécessiter un deuxième semis dans les endroits affectés. Une autre partie se dépose dans les canaux d'irrigation ou de drainage. Elle augmente les risques de saturation des collecteurs d'eau et provoque à la suite le colmatage des barrages réservoirs de la plaine (Bulletin IFEN, 2007). Elle contribue également à l'ensablement des rizières (Chabalier *et al.*, 1996) et au comblement progressif du lac (cas du lac Alaotra) qui peut entraîner par la suite une baisse de la production des poissons, une des grandes sources de revenu de la région (Ratsivalaka, 2007).

L'érosion hydrique conduit aussi à des risques environnementaux en aval. Le ruissellement est un facteur d'aggravation des pollutions liées à l'agriculture, les engrais et les autres produits de traitement sont entraînés vers les cours d'eau (eutrophisation), puis vers la mer, au lieu de rester sur le lieu d'épandage (Bulletin IFEN, 2007).

Pourtant l'érosion a un effet bénéfique sur la partie en aval. En effet, le phénomène d'érosion, suite au transport des éléments nutritifs vers la partie aval du site érodé, occasionne une formation de sols peu évolués d'apport (alluvionaux) connus sous le terme de « *baiboho* », en malgache, sols riches et convenables parfaitement à l'agriculture (Rabearimanana *et al.*, 1994). Il s'agit d'un transfert de fertilité.

1.2.5 Erosion au Lac Alaotra

1.2.5.1 Formes d'érosion au Lac Alaotra

La zone d'Alaotra est un espace de transition géophysique et bioclimatique. Les variations quaternaires du climat (épisodes displuviaux) ont contribué à fragiliser le manteau forestier et les sols qui ont pu subir plusieurs phases d'érosion. Sur un tel héritage, la phase actuelle d'érosion, loin d'être en voie d'extinction, est activée par une pression anthropique croissante. L'érosion hydrique est la forme la plus répandue dans cette région et les lavaka caractérisent les paysages du Lac Alaotra (BeMartial *et al.*, 1996).

1.2.5.2 Erosion hydrique

Au lac Alaotra, le processus érosif par le ruissellement est en plein développement. Les pluies creusent d'importantes quantités de bonnes terres. Nombreuses formes d'érosion par

ruissellement apparaissent au lac Alaotra, dont l'érosion en nappe, l'érosion en rigoles et l'érosion en lavaka.

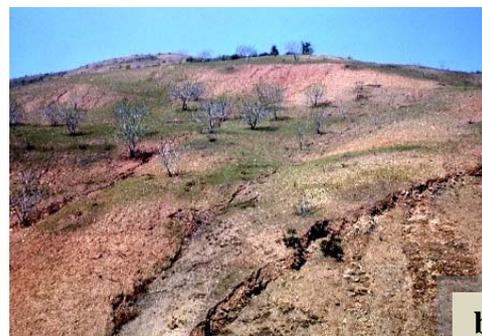
L'érosion en nappe (cliché 1.a) est causée par l'impact des gouttes de pluie qui enlèvent une mince couche de sol. Il entraîne une disparition de l'horizon brun humifère de la pédologie du bassin versant oriental du lac Alaotra (Chabalier *et al.*, 1996).

L'érosion en rigoles (cliché 1.b) est la plus remarquable dans les parcelles de Marololo (zone agricole d'Ambatondrazaka) (BeMartial *et al.*, 1996). On parle d'érosion en rigoles lorsqu'une quantité suffisante d'eau de ruissellement s'accumule pour former de petits canaux jusqu'à 15 cm de profondeur à la surface du sol. Les rigoles peuvent soit suivre les canaux formés par le matériel aratoire, soit former un motif dendritique, qui ressemble aux branches d'un arbre.

L'érosion en lavaka (cliché 1.c et cliché 1.d) est à l'origine de la disparition de l'horizon rouge imperméable sous-jacent, cas du bassin versant oriental du lac Alaotra (BeMartial *et al.*, 1996). Le lavaka est un mot malgache signifiant trou ou ravin. Il s'agit de grandes excavations visibles à flanc de colline créées par la circulation de l'eau des pluies sur des zones dénudées ou fragilisées et qui s'incrudent plus profondément dans le sol (Rakotondraompiana *et al.*, 2002). Les ravins se forment généralement au même endroit une année après l'autre et, s'ils ne sont pas réparés, ils risquent de perturber les activités culturelles.



Source : fao.org



Source : Allain R., 1971



Source : Grandjean



Source : Laingo, 2011

Cliché 1 : Erosion : (a) érosion en nappe – (b) érosion en rigoles – (c) érosion en lavaka (situation de lavaka sur le terroir) – (d) érosion en lavaka (intérieur du lavaka)

1.2.5.3 Etudes faites sur l'érosion au Lac Alaotra

En 1949, la création du bureau des sols, basé à Tananarive, est la première approche étatique effective pour la lutte anti-érosive au Lac Alaotra. Ses actions visent à enrayer le déclin des cultures vivrières pluviales de rente (arachide et manioc) et à réduire l'ensablement des aménagements hydro-rizicoles, donc relève l'aménagement de territoire (BeMartial *et al.*, 1996). De ce fait, d'importants travaux d'aménagement et d'équipement sont entrepris, tels que la construction de barrages pour l'irrigation, la correction de plusieurs lavaka, le reboisement d'« *Eucalyptus robusta* », d'« *Acacia dealbata* » et de « *Grevillea banksii* », le terrassement par l'adoption de banquettes, la réalisation d'ados anti-érosifs avec les agriculteurs, en courbe de niveau sur 158 ha de terres cultivables, la vulgarisation avec des tests des actions visant à une meilleure gestion de la fertilité du sol comme la rotation des *Chloris gayana* avec une culture de rente.

Le Centre technique forestier tropical ou CTFT a fait des mesures du ruissellement et des pertes en terre en fonction des traitements antiérosifs à préconiser dans les périmètres de restauration, en 1969. A partir de 1990, le plan régional de développement ou PRD intègre des actions pilotes en sylviculture et en agroforesterie, mais les résultats de ces interventions restent cependant mal exploités et peu diffusés (Tassin J., 1995). Ainsi, deux tentatives sont engagées au Lac Alaotra sous l'étiquette de la gestion de terroirs, l'Association des Usagers de Réseau et l'Association des Usagers des Bassins Versants, dans les actions de la lutte anti-érosive.

Malgré ces différentes études depuis plusieurs années, l'érosion hydrique subsiste encore, étant donné que les paysans ne seraient intéressés par des mesures de protection antiérosive que dans le cas où la situation foncière ne présente aucune ambiguïté et où la parcelle a une utilité agricole. De plus, la déforestation a régné dans la région. Les autres solutions prises demandent beaucoup d'investissement, impossible à réaliser pour les agriculteurs.

1.2.6 Méthodes de lutte antiérosives.

Plusieurs méthodes de lutte antiérosive peuvent être proposées suivant les circonstances et la zone d'intervention :

- simplification de travail du sol, pratique de paillage, maintien du sol sous couvert végétal en permanence afin de diminuer l'impact des gouttes des pluies;
- travail du sol suivant les courbes de niveau, pratique d'une bonne rotation culturale dont les différentes racines agissent sur la structure du sol et sur la création d'une bonne porosité du sol afin de favoriser l'infiltration de l'eau. Cela peut se faire en favorisant l'activité biologique dans le sol ;
- terrassement de terrain cultural, utilisation de cordons de pailles ou de diguettes en pierres, emploi de haies antiérosives comme la culture de vétiver en amont et en aval des pentes (PLAE) afin de réduire l'effet des pentes;

- création des banquettes de diversion en amont et en aval des talus, emploi de bandes enherbées, création de drains et de fossés de protection (Bussière, 1996) afin de limiter la concentration de ruissellement.

1.3 Adventices au Lac Alaotra

1.3.1 Définition

Il n'y a pas de mauvaises herbes au sens botanique, en réalité ce sont des adventices ou encore des herbes folles, des plantes qui se développent dans un endroit non désiré (Encyclopédie des mauvaises herbes, 2010).

La prolifération de ces plantes adventices est un grand souci des agriculteurs surtout au Lac Alaotra. Dès qu'il pleut (campagne culturale), les adventices commencent à repousser naturellement et à maturité leurs graines sont facilement transportées par le vent. Elles attaquent aussi bien les rizières que les tanety. Les herbicides coûtent chers. Par voie de conséquences, les adventices constituent l'un des facteurs sources de la diminution du rendement agricole au Lac Alaotra (Paysans, com.pers.).

Sur les rizières, les plantes adventices les plus dominantes sont les monocotylédones qui se reproduisent facilement comme « *Ischaemum rugosum* » et « *Cyperus rotendus* » (Rahaniraka, 2000). Sur tanety, diverses dicotylédones, comme les amarantes, le « *Sida sp* » et quelques espèces de monocotylédones telles « *Eleusine indica* » règnent (Paysans&techniciens, com.pers.).

1.3.2 Facteurs de prolifération des adventices

La présence des adventices est fonction de nombreux facteurs tels le climat, la position sur la toposéquence (régime hydrique), le niveau de fertilité du sol et l'apport de fertilisation, les précédents culturaux et les itinéraires techniques sur les cultures précédentes, etc.

La prolifération dépend surtout de leur type, monocotylédone ou dicotylédone ou de leur façon de se reproduire (plante à bulbes ou à graines ou à rhizome ou à stolons, etc). Les graines sont facilement transportées par le vent, les fumiers, les eaux d'irrigation alors que les stolons se propagent rapidement après passage de labour.

1.3.3 Méthodes de lutte

L'ensemble de l'itinéraire technique doit être adapté pour maîtriser 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 et que la pression des adventices est forte, on choisira de préférence de mettre en place des cultures et des associations faciles à désherber manuellement ou chimiquement, et des espèces/varieties au démarrage rapide afin de couvrir le sol au plus vite (Husson *et al.*, 2009).

D'autres méthodes sont également possibles et ce sont les plus utilisées au Lac Alaotra, comme :

- Le sarclage : il peut se faire manuellement ou mécaniquement suivant le mode de culture et le niveau d'investissement de chaque agriculteur. Le nombre de sarclages varie selon la culture mise en place. Cette méthode est le plus souvent limitée par la nécessité d'une main d'œuvre importante.

- L'utilisation des herbicides chimiques : cette pratique présente différents inconvénients, citons parmi d'autres : le coût élevé des produits, ses effets sur l'environnement ou encore la résistance des mauvaises herbes en cas de non efficacité du traitement due au mauvais choix d'herbicide ou à la mauvaise application du traitement.

1.3.4 Etudes déjà adoptées sur les adventices au lac Alaotra:

Des études ont été réalisées au Lac Alaotra face à l'attaque importante des adventices. Malheureusement jusqu'à présent, le problème n'a pas été résolu. Ces études ont été réalisées plus particulièrement dans les rizières (Randriamampianina, 1991 ; Rahaniraka, 2000) et elles se concentrent sur la proposition de l'utilisation des herbicides chimiques comme méthode de lutte (Rahaniraka, 2000).

1.3.5 SCV et flores adventices

Le contrôle des adventices en SCV passe avant tout par la couverture végétale. 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).

Ce contrôle des adventices par la couverture végétale dépend de la quantité et de la qualité de la biomasse produite et maintenue au sol, et du stock de graines d'adventices (Seguy *et al.*, 2009). Le but c'est d'utiliser des plantes capables de dominer naturellement la plupart des adventices (Husson *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) .

Pourtant, les plantes de couverture peuvent devenir des adventices quand elles sont mal choisies. Il faut également bien contrôler ces plantes en fonction de leurs caractéristiques, soit en utilisant des herbicides soit en appliquant de travaux mécaniques comme le fauchage, le roulage, le décapage. Ce contrôle peut être total dans le cas des couvertures mortes, ou temporaire et localisé pour les couvertures vives qui recolonisent la parcelle après la récolte.

2. CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

2.1 Présentation du milieu d'étude

2.1.1 Situation géographique

La région d'Alaotra, avec une superficie de 17 190 km², se trouve enclavée dans une impasse à 250 km au Nord Est de la Capitale, à 760 m d'altitude sur les Hautes-terres et entre 17° et 18° de la latitude Est. Elle fait partie du flanc oriental des Hautes-terres de Madagascar, marquée par une dénivellation tectonique en gradins ou compartiments effondrés, orientés au nord-sud en général (Chabalier, 1996).

2.1.2 Climat

Les données climatologiques prélevées durant dix ans (2000 à 2010) fournies par la station météorologique du CRR-ME (annexe 2) au sein du centre Ambohitsilaozana permettent d'élaborer la courbe ombrothermique de Gaussen ($P \leq 2T$) (Fig 2). La région bénéficie d'un climat « tropical d'altitude » qui, à la fois favorable aux cultures des pays chauds et aux plantes des régions tempérées, se caractérise par une pluviométrie irrégulière. La région est marquée par une saison fraîche et sèche durant quatre mois environ (mai à août) suivi d'une saison chaude et humide pendant huit mois, dont cinq à six mois de pluie à partir de mi-novembre. La température moyenne annuelle varie de 17°C (mois de juillet) à 24°C (mois de janvier) et la pluviométrie moyenne mensuelle varie entre 5 mm (mois d'août) et 320 mm (mois de janvier), avec un total annuel qui atteint 1100 mm (moyenne sur 10 ans).

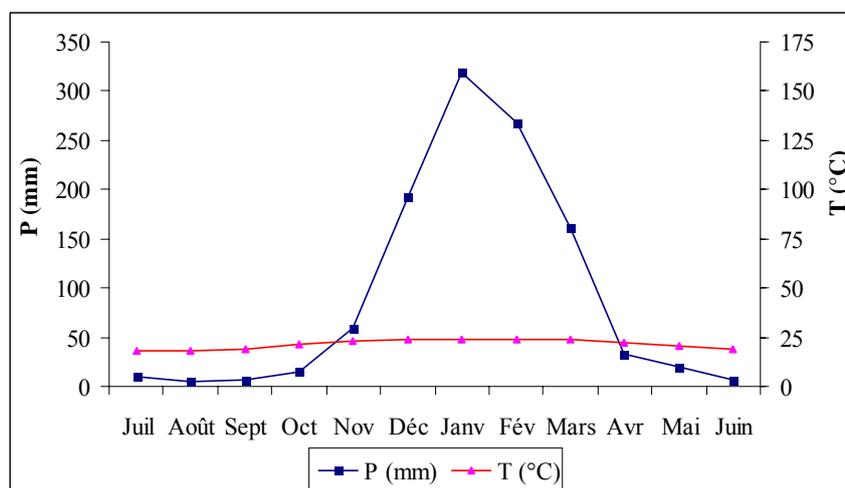


Figure 2 : Courbe ombrothermique (données sur dix ans : 2000-2010)

Source : Station météorologique du CRR-ME

2.1.3 Relief

La dépression de l'Alaotra couvre, avec ses digitations, près de 190 000 ha. Son bassin versant s'étend sur 7 600 km² (Riquier, 1954). La plaine est réservée principalement à la riziculture, à part les cultures vivrières ainsi que des cultures légumineuses de contre saison

qui couvrent les besoins alimentaires et financiers des paysans. Les bas fonds sont envahis par diverses espèces de plantes adventices telles que *Ischaemum rugosum* (mahabanky), *Stenotaphrum secundatum* (Ahipisaka), *Brachiaria* spp. (pikombalala), *Cynodon dactylon* (Fandrotrarana), etc.

Les collines, avec une superficie de 6 100 km² fortement soumises à l'érosion, sont utilisées pour les cultures vivrières. A l'état naturel, la végétation prédominante des collines est formée d'*Aristida multicaulis* (bozaka). Les montagnes comme les collines subissent depuis longtemps un processus d'érosion avec un ravinement très marqué. Des multiples lavaka parfois profonds (plusieurs dizaines de mètres) sont encastrés sur les flancs des montagnes. Actuellement, ces montagnes sont généralement nues du fait des feux de brousse ; les forêts sont dégradées.

2.1.4 Sol

Les sols de la région d'Alaotra, plus particulièrement sur les bas-fonds, sont généralement riches, humifères et profonds. Ils conviennent particulièrement aux rizicultures. Ils sont d'origine alluviale et représentatifs des sols dénommés « *baiboho* » bordant la cuvette du Lac Alaotra.

D'après M. Roche, ancien pédologue de la station agronomique d'Ambohitsilaozana et d'après l'analyse effectuée par Velly, chimiste dans le même centre, en 1957, les pentes et les plateaux présentent des argiles latéritiques plus ou moins carencées en potasse de pH neutre (5,7 à 6,3), et les terrasses des alluvions jaunes anciennes d'origine lacustre. Les sols de bas de pente sont formés de colluvions rouges, colluvions beige micacés, colluvions jaunes sableux, et colluvions jaunes limoneux, de pH allant de 5,1 à 6,4; les vallées et les berges de rivières montrent des sols alluvionnaires fluviaux d'origine latéritique, de pH variant de 5,1 à 7,5.

Pourtant, du fait du phénomène d'érosion surtout sur les pentes, des sols tourbeux et des sols hydromorphes (minéraux et organique) se développent dans les rizières et des sols ferrallitiques jaunes et rouges sont observés sur tanety. Les alluvions restent dans les environs des grands fleuves et 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.

2.1.5 Activités agricoles

La région d'Alaotra Mangoro, avec ses 75 675 habitants et une croissance de 3 % par an (PCD CU d'Ambatondrazaka, 2004) est une région à vocation agricole. La majorité de la population est constituée par des agriculteurs et/ou des éleveurs. La principale culture est le riz. A part l'agriculture, l'élevage tient aussi une place importante dans le système de production, et surtout l'élevage bovin. En effet, les bœufs sont employés à des diverses

opérations agricoles telles que le travail du sol, le transport agricole. Ils fournissent aussi des fertilisants, alimentent le capital en viande.

Au vu de ces activités principales de la population d'Alaotra, protéger le sol et prévenir les divers ennemis de la culture comme l'émergence des adventices, la prolifération des maladies et l'attaque des insectes nuisibles devront être ainsi une priorité des paysans et de l'Etat. L'utilisation des plantes de couverture qui intègre à la fois la production, la maîtrise de ces menaces des cultures et l'élevage s'avère être intéressante.

2.2 Dispositifs expérimentaux

L'expérimentation est entreprise dans la Commune d'Ambohitsilaozana, à 15 km au Nord d'Ambatondrazaka, sur les parcelles de recherche de FOFIFA Lac Alaotra, en bordure de la rive Sud-Est du lac Alaotra. L'expérimentation est conduite sous pluies naturelles.

Deux dispositifs expérimentaux sont mis en place en novembre 2010, le premier est utilisé pour déterminer l'effet du paillis sur le ruissellement et l'érosion et le second pour évaluer l'effet des paillis sur l'émergence des adventices.

2.2.1 Dispositif expérimental de l'érosion

2.2.1.1 Description du dispositif expérimental d'érosion

Le dispositif expérimental d'érosion est une ancienne zone de culture paysanne. Elle a été toujours couverte par des « *Tithonia* sp » et d'autres plantes herbacées telles que « *Amaranthus spp* », les « *Brachiaria spp* » et surtout les « *Macroptilium atropurpureum* » quand la campagne culturale est terminée (Paysans, com.pers.). L'année dernière (campagne 2009-2010), une culture associée de maïs et dolique pratiquée en semis direct a été installée sur la parcelle (Techniciens de CALA, com.pers.).

A 2 km du dispositif expérimental d'érosion, une station météorologique (CIMEL) (cliché 2.a) est installée au début de la campagne (2010-2011). Elle a servi à déterminer l'impact de l'activité climatique sur le phénomène d'érosion et la prolifération des mauvaises herbes. Elle est constituée par différents capteurs pour mesurer la température et l'humidité relative qui sont abrités par un MINI ABRI (cliché 2.b) de dimensions réduites permettant une utilisation à proximité d'un pluviomètre ; le pyranomètre (cliché 2.c) servant à mesurer le rayonnement solaire ; l'anémomètre (cliché 2.d) permettant de mesurer la durée, la vitesse et la direction du vent ; et le pluviomètre (Cliché 2.e).

Un autre pluviomètre à lecture directe (cliché 2.f) a été également mis en place juste à côté du dispositif expérimental d'érosion afin de vérifier la hauteur de la pluie sur le terrain.



Cliché 2 : Station météorologique : (a) station automatique de CIMEL : (b) Capteur de température et d'humidité dans un Mini Abri – (c) Pyranomètre – (d) Anémomètre – (e) Pluviomètre

(f) Pluviomètre à lecture directe

Source : Laingo, 2011

Le dispositif expérimental d'érosion est composé par six parcelles de 6 m de large et 3 m de long, à l'exception de deux parcelles qui sont de 6,5 m de large et 3 m de long. Trois parcelles sont situées sur un versant ayant une pente élevée de l'ordre de 25 % (orientée vers le Nord), et les trois autres sont placées sur une pente plus faible, aux environs de 6 % (orientée vers le Sud). Sur chaque parcelle, trois micro-lots d'érosion de 1 m² sont intégrés (fig 3). Les mesures du ruissellement et des pertes en terre sont réalisés au niveau de ces micro-lots d'érosion.

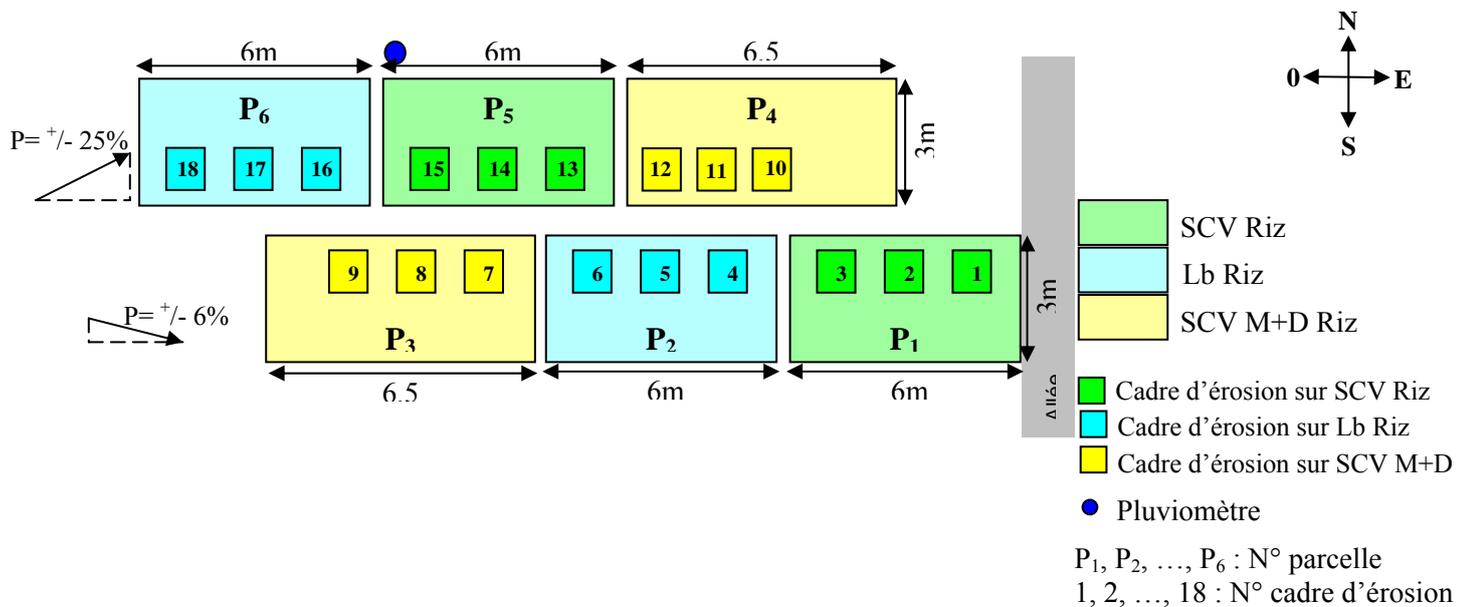
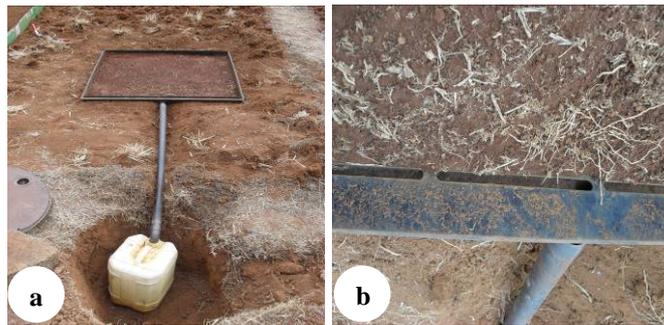


Figure 3 : Plan de l'essai érosion
Source : Laingo, 2011

Clicours.COM

Les micro-lots d'érosion sont enfoncés dans le sol d'une certaine profondeur. L'une des faces est constituée par des fentes, qui en aval, se trouvent sur un même niveau que la surface du sol pour bien capter les eaux ruisselées et les sédiments érodés dans 1 m². Il faut veiller à l'horizontalité le long de ces fentes afin d'éviter les écoulements préférentiels. Un tuyau ramène l'eau de ruissellement, après l'avoir collectée par un canal d'une certaine pente, dans un bidon plastique situé à 1m en bas du cadre, et ce, par l'intermédiaire d'un exutoire en tuyau métallique d'1 m (Cliché 3).



Cliché 3: Micro-lots d'érosion : (a) cadre mis en place avec ses équipements – (b) Fentes sur la face en aval du cadre _ Source : Laingo, 2010

2.2.1.2 Systèmes de culture étudiés

Deux grands systèmes sont comparés, à savoir les systèmes conventionnels de labour (LAB) et les systèmes en semis direct sous couverture végétale (SCV). Deux états différents de sol sont choisis ainsi pour évaluer l'intérêt de ces techniques du point de vue ruissellement et pertes en terre et en éléments nutritifs. Les caractéristiques de tous les systèmes étudiés sont résumées dans le tableau 1.

Pour les traitements SCV, le type et la quantité de paillage utilisés sont les mêmes, il s'agit de résidus de maïs (*Zea mays*. L) décomposés avec des résidus de dolique, de l'ordre de 3000 kg.ha⁻¹. Ces paillis ont été mis en place en début de la campagne (mi- novembre), soit un mois avant le semis (22 décembre). Sur les parcelles en SCV, l'élimination des grands plants d'adventices durant le cycle cultural a lieu quinze jours avant le semis, à l'aide de glyphosate.

Pour les traitements labourés, la pratique du labour a lieu en mi-décembre, sur une profondeur de 10 à 15 cm. L'opération du labour est effectuée manuellement avec de l'angady (*Une sorte de bêche avec une lame de 30-40 cm de long et 15 cm de large, munie d'un long manche en bois de 1 à 1,5 m de long*). Deux sarclage avec de l'angady sont effectués, le premier est effectué vingt jour après le semis et le second vingt jour après le premier sarclage.

Concernant le niveau des intrants, le même niveau de fertilisation est appliqué sur tous les parcelles. Lors du semis, le fumier à raison de 5 t.ha⁻¹ et le N₁₁P₂₂K₁₆ de l'ordre de 150 kg.ha⁻¹ sont apportés. Vingt cinq et quarante cinq jour après semis, un apport d'urée de 100 kg.ha⁻¹ est effectué.

Tableau 1: Caractéristiques des systèmes étudiés

Systèmes	MDG	Culture principale	Couverture	Pente (%)	N° parcelle
SCV _{M+D-f}	SD	Maïs (<i>Zea mays</i> . L) + dolique (<i>Dolichos lab lab</i>)	Morte	6	P ₃
SCV _{M+D-F}	SD	Maïs (<i>Zea mays</i> . L) +dolique (<i>Dolichos lab lab</i>)	Morte	25	P ₄
SCV _{R-f}	SD	Riz (<i>Oriza sp.</i> L)	Morte	6	P ₁
SCV _{R-F}	SD	Riz (<i>Oriza sp.</i> L)	Morte	25	P ₅
LB _{R-f}	Labour	Riz (<i>Oriza sp.</i> L)	Néant	6	P ₂
LB _{R-F}	Labour	Riz (<i>Oriza sp.</i> L)	Néant	25	P ₆

+ : Association ; MDG : Mode de gestion ; SD : Semis direct

2.2.1.3 Mesures sur terrain

Prélèvement d'échantillon du sol en place à l'état initial.

Le prélèvement d'échantillons a été effectué en janvier 2011 afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques du sol à l'état initial. Deux types de prélèvement sont effectués. L'un consiste à extraire un bloc de terre en carré de 5 cm de côté, à profondeurs différentes de 0-5 cm et 5-10 cm, et l'autre est réalisé à l'aide d'une tarière sur des profondeurs de 10-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 90-110 cm.

Le prélèvement d'échantillons est situé sur six points différents, avec la pente faible, dont deux entre les parcelles 1 et 2, un en amont et un autre en aval de la pente, deux entre les parcelles 2 et 3 et deux sur le côté de la parcelle 3. Par contre, sur les parcelles à forte pente, le prélèvement s'est situé sur huit points dont deux entre les parcelles 4 et 5, deux entre les parcelles 5 et 6, deux sur le côté de la parcelle 4 et deux autres sur le côté de la parcelle 6.

Des aliquotes des huit prélèvements (parcelle à forte pente) et six prélèvements (parcelle à faible pente) sont regroupées pour former un échantillon composite, pour chaque type de pente, par profondeur.

Mesure des pentes

En utilisant deux règles ou tringles bien droites, un tuyau à niveau de 5 m, un mètre et un niveau à bulle, la mesure des pentes est faite selon la méthode suivante : remplir le tuyau par une eau claire de manière à éviter toutes formations de bulle d'air ; maintenir bien verticales les tringles des deux côtés du cadre, l'un en amont et l'autre en aval de la pente ; monter chaque extrémité du tuyau le long des tringles ; mesurer la distance horizontale entre les deux tuyaux, plus précisément entre les points où se situe le niveau d'eau ; mesurer également la hauteur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol, sur les deux côtés. Par le principe des vases communicants, la différence de ces mesures donne la dénivellation.

La valeur de pente est obtenue en faisant le rapport entre la dénivellation et la distance horizontale, suivant la formule ci-après :

$$P = [(V_2 - V_1) / d_H] \times 100$$

Avec : P= pente en % ;

V_2 et V_1 = Hauteur de niveau d'eau par rapport à la surface du sol (m) et

d_H = distance horizontale entre les deux niveaux d'eau (m).

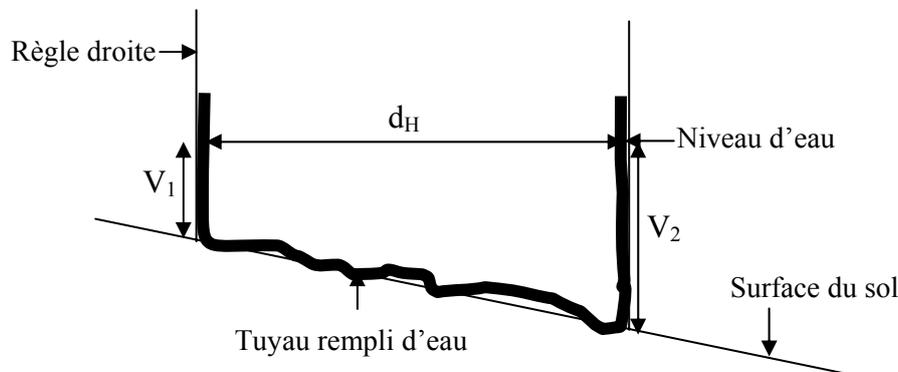


Figure 4 : Mesure de pente
Source : Laingo, 2010

Mesures des caractéristiques des pluies

La mesure des pluies avec le pluviomètre a été faite systématiquement chaque matin à la même heure, le lendemain de l'événement pluvial. L'intensité de la pluie a été mesurée à l'aide de la station automatique CIMEL (intensité maximale en mm.h^{-1}).

Mesures du ruissellement et des sédiments

La mesure doit se faire chaque jour et très tôt le matin s'il a plu durant les 24 heures précédentes. Les opérations consistent à nettoyer soigneusement le haut du bidon à l'aide d'une éponge ou d'une brosse pour éviter la contamination en sol. Ensuite, il faut mesurer tout d'abord les eaux de ruissellement dans le bidon par un doseur de 1 L et un ou deux seaux selon la quantité, après il faut noter dans un carnet la quantité d'eau ruisselée. A chaque mesure, il faut bien observer d'où vient l'eau contenue dans le bidon pour vérifier qu'il n'y ait pas de contamination d'eaux et/ou de terres venant de l'extérieur (Cliché 4.a).

En ce qui concerne les prélèvements des sédiments, tout d'abord, il faut verser les eaux de ruissellement dans un seau ; puis nettoyer soigneusement les fentes, les canaux d'évacuation, le tuyau et le bidon à l'aide d'une eau claire (sans sédiments) de 1,5 l tout en utilisant une pissette et un pinceau (cliché 4.b). Cela a pour but de récupérer toutes les particules solides restantes. Les eaux ruisselées et les eaux de rinçage doivent être mélangées. Ensuite, prélever une aliquote de 1,5 l d'eau turbide dans une bouteille référencée (numéro de la parcelle, date de prélèvement etc.). L'aliquote est filtrée (cliché 4.c) à l'aide d'un filtre de type millipore d'une porosité de $0,45 \mu\text{m}$ (également référencé). Les filtres sont séchés à l'air libre après. Dès que toutes les opérations sur terrain soient finies, il faut veiller à la propreté des fentes, de tuyau et du bidon pour ne pas fausser la prochaine mesure.



Cliché 4: Opérations des mesures de ruissellement et des sédiments : (a) mesure de ruissellement – (b) rinçage des fentes – (c) filtration des échantillons

Relevé des états de surface de la parcelle

Ce travail a été réalisé à la fin de la saison pluvieuse afin de déterminer la cohérence entre les caractéristiques des états de surface et les résultats obtenus avec les mesures de ruissellement et des pertes en terres sur les mêmes parcelles. Ainsi, divers points ont été observés, déterminés et analysés dans chaque cadre d'érosion tels que l'estimation du taux de couverture du sol par les paillis restant dans la parcelle et par la dolique qui est encore verte ; la quantification des pieds du riz et ceux du maïs dans chaque cadre d'érosion ; l'estimation de pourcentage des croûtes d'érosion formées et des agrégats libres sur la surface ; et l'estimation des activités biologiques.

2.2.1.4 Travaux au laboratoire

Mesure des charges érodées

Les filtres contenant les sédiments sont séchés à l'étuve réglée à 105 °C durant 24 heures. La formule suivante permet de calculer les pertes en terre :

$$P_{\text{Terre}} \text{ (g)} = [\text{Pds } T_F \text{ (g)}] \times [\text{Ruis (ml)} + \text{Eau}_r \text{ (ml)}] / [\text{V}_{\text{EF}} \text{ (ml)}]$$

Avec :

P_{Terre} = Pertes en terre en g ; $\text{Pds } T_F$ = Poids des particules solides dans le filtre en g ;

Ruis = Ruissellement en ml ; Eau_r = Eau de rinçage en ml

V_{EF} = Volume de l'aliquote prélevé pour filtration en ml

On peut ensuite ramener le poids de sédiments secs en g.m^{-2} à la perte en terre en t.ha^{-1} . Les pertes en terre sont ensuite cumulées sur une campagne pour déterminer les pertes en terre pendant une saison des pluies (Razafindramanana Rakotoniaina, 2011).

Analyses des sols au laboratoire

Cette analyse a pour but de déterminer les pertes en éléments par érosion. Ainsi, elle est réalisée au laboratoire des RadioIsotopes à Ampandrianomby ou LRI. L'échantillon de sol est séché à l'air libre, préparé et tamisé à 2 mm afin de déterminer la teneur totale de quelques

éléments tels que l'azote par la méthode de Kjeldhal, le phosphore et le potassium par la méthode d'attaque d'acide perchlorique et le carbone organique par la méthode de Walkley & Black.

Les pertes en éléments sont déterminées par la formule : $P_n = T_{séd} \times P_{Terre}$

Avec :

P_n = pertes en éléments nutritifs exprimées en $kg \cdot ha^{-1}$;

$T_{séd}$ = Teneur en azote, en phosphore et en potassium des sédiments exprimée en $g \cdot kg^{-1}$ de sol ; P_{Terre} = Pertes en terre exprimées en $Mg \cdot ha^{-1}$

2.2.2 Dispositif expérimental de l'essai mulch-adventices

2.2.2.1 Description de dispositif expérimental

L'essai émergence des adventices a été réalisé sur une superficie de 128 m². Une expérimentation concernant l'analyse de l'incidence de la quantité des mulch sur l'apparition des mauvaises herbes au cours du cycle de riz (riz sur tanety, variété B22) a été effectuée sur la même parcelle l'année précédente.

Le dispositif expérimental d'essai de mulch-adventives est en « bloc de Fisher » totalement aléatoire avec quatre répétitions. Chaque bloc de 16 m x 2 m comporte seize parcelles élémentaires de 2 m² (Fig 5) dont chacune a été couverte d'un type de paillis avec un niveau du taux de couverture différent (annexe 4).

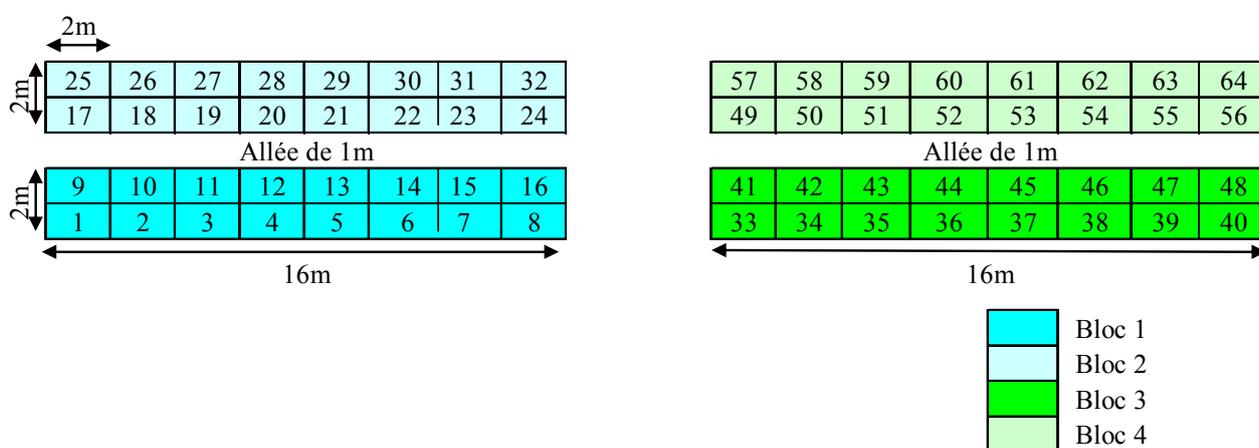


Figure 5 : Plan de l'essai adventices
Source : Laingo

Chaque parcelle élémentaire est divisée en deux, la moitié (1 m²) a servi au suivi du taux de couverture à travers le cycle cultural et l'autre moitié au suivi de l'émergence des adventices. Pour cette dernière, un carré de (50 x 50) cm² est placé au milieu, afin de compter les adventices germées (Fig. 6).

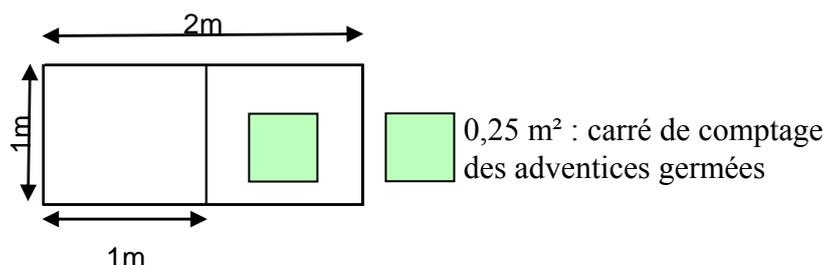


Figure 6: Une parcelle élémentaire de 2m²
Source : Laingo, 2011

2.2.2.2 Type et niveau des paillis

Durant la période d'expérimentation, deux types de mulch sont testés, à savoir les paillis de stylosanthes et ceux de maïs+dolique.

Paillis de stylosanthes ou « *Stylosanthes guianensis* »

Huit niveaux de paillis de stylosanthes, allant de 0% à 99% de taux de couverture du sol, ont été mis en place avant la saison des pluies, en début novembre. Chaque niveau de couverture correspond à un poids déterminé, avec une teneur en matière sèche de 57 %. Cette teneur est obtenue par la différence entre le poids de mulch à l'état initial (frais) et celui à l'état final (sec après étuvage), divisée par le poids frais. Le tableau ci-dessous synthétise, les caractéristiques des paillis apportés.

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

Niveaux	STYLOSANTHES		MAIS+DOLIQUE	
	Taux de couverture du sol (%)	Quantité en MS (t.ha-1)	Taux de couverture du sol (%)	Quantité en MS (t.ha-1)
1	0	0,00	0	0,00
2	14	0,60	16	0,71
3	32	1,53	37	1,83
4	49	2,69	55	3,22
5	62	3,85	68	4,60
6	86	7,71	90	9,21
7	95	11,57	97	13,81
8	99	17,35	99	20,72

MS : Matière sèche

Source : Naudin, 2010

Paillis de maïs+dolique ou « *Zea maïs* »+ « *Dolichos lab lab* »

La même procédure est également suivie pour le paillis de maïs décomposé avec de la dolique, avec huit niveaux, qui ont été déposés sur huit parcelles élémentaires pour chacun des blocs, en début novembre. La teneur réelle en matière sèche (MS) de maïs+dolique après l'étuvage à 70°C est de 45 %.

La disposition des différents niveaux de couverture parallèlement avec le type de paillis sur les parcelles est reportée en annexe 4.

2.2.2.3 Travaux sur terrain

Mise en place des paillis

Après la coupe en mi-octobre les mulch sont laissés à sécher au soleil avant d'être mis en place en début du mois de novembre. Ainsi, ils sont pesés sur place, avec une balance de précision de portée 12 kg suivant le niveau de couverture indiqué dans le tableau 2 du §2.2.1 et l'annexe 4. Avant le dépôt des paillis sur les parcelles bien préparées, c'est-à-dire parcelles sans aucun résidus de culture, ils sont morcelés afin qu'ils puissent bien couvrir la parcelle de 2 m² de façon homogène. Il faut veiller à ce qu'ils ne débordent pas à l'extérieur.

Lors de la période sèche, il est fort possible que les paillis soient facilement transportés par le vent, en particulier les tourbillons. Donc il faut veiller à ce que les paillis couvrent bien la parcelle et si jamais, il y a déplacement des paillis, il faut les repeser. Le but c'est de garder la quantité exacte de couverture selon le niveau recommandé avant la pluie.

Mesure de l'émergence des adventices

Le comptage des adventices germées chaque semaine a été fait sur une surface fixe de 0,25 m² située au milieu de la partie réservée au suivi de l'émergence des mauvaises herbes.

Ainsi les adventices émergentes ont été enlevées et comptées tous les sept jours, en séparant les monocotylédones et les dicotylédones. Lors de ces opérations, le mulch ne doit pas être modifié. Il faut faire attention à ce que les racines soient coupées afin qu'elles ne puissent repousser à nouveau pour éviter le recomptage d'un même pied.

Prise de photo

La prise de photo de chaque carré de prélèvement (0,25m²) a été faite au début et à la fin de l'essai. Lors de cette séance photographique, une ardoise marquée avec la date et le numéro de la parcelle, utilisé comme référence, a été placée près et à l'extérieur de ce carré et ce, pour éviter toute confusion entre les soixante quatre parcelles élémentaires lors du traitement de l'image. Ensuite, il faut se mettre à la verticale du centre du carré, et il faut avoir les 4 piquets et l'ardoise marquée dans l'image (cliché 5).

Ces photographies numériques servent à déterminer réellement les taux de couverture de chaque parcelle élémentaire à l'état initial et à l'état final de l'expérimentation.



Cliché 5 : Modèle de photo prise pour la parcelle 27
Source : Naudin, 2011

Prélèvement final des adventices

Le prélèvement des adventices à la fin de l'essai a été fait sur une parcelle d'1m² qui est l'autre moitié de la parcelle élémentaire où les adventices ne sont ni enlevées ni coupées depuis le début de l'essai. Il est nécessaire afin de déterminer la relation entre la quantité (poids et nombre) d'adventices émergés au cours d'une campagne culturale et le type de couverture avec son taux de recouvrement du sol.

Les adventices les plus dominantes qui sont les amarantes sont comptées séparément, par parcelle, puis pesées tandis que les restes (mélange de plusieurs types d'adventices), sont coupés au ras du sol et pesés seulement après. Après ces opérations, quatre échantillons par bloc ont été récupérés dont deux sacs d'amarantes sur deux sous parcelles différentes et deux sacs d'autres adventices mélangées sur les deux mêmes sous parcelles qu'auparavant. Ils sont ensuite séchés à l'air libre avant de les mettre à l'étuve.

2.2.2.4 Travaux au laboratoire

Les échantillons des adventices et des paillis sont transportés au laboratoire de l'URP/SCRiD à Antsirabe. Ils sont passés à l'étuve réglée à 70°C durant 48 heures pour obtenir le poids de la matière sèche.

2.3 Traitements des données

Les analyses de toutes les données ont été effectuées avec le logiciel statistique MINITAB 16, dont le GLM (Modèle Linéaire Général) est la procédure employée pour l'analyse de la variance.

Dans le cas de l'expérimentation mulch-adventices, d'après le test de normalité, les données ne suivent pas la loi normale du fait de la présence de l'hétérogénéité importante dans les valeurs obtenues entre les différents traitements et des données de comptage peu élevées. De ce fait, les données ont du être transformées par la valeur de leur racine carré 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.

Dans le cas de l'expérimentation ruissellement, la présence des deux facteurs étudiés tels que principal qui est le système et subsidiaire qui est la pente, avec l'apparition des trois répétitions mènent l'analyse suivant la méthode de split-plot.

La comparaison des moyennes a été faite par le test paramétrique de Tukey au seuil de 5%.

3. CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Résultats

3.1.1 Caractéristiques de la pluie

Les caractéristiques des pluies enregistrées durant la campagne d'expérimentation (novembre 2010-mai 2011) sont résumées dans le tableau 3 et la figure 7.

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

Campagne 2010-2011						
Hauteur des pluies (mm)	P < 10	10 < P < 20	20 < P < 30	30 < P < 40	P > 40	TOTAL
Nombre de jours	43	13	5	3	1	65
Total des pluies (mm)	160,9	204,8	118,0	105,1	49,0	637,8
Intensité de la pluie (mm.h-1)	5 < I < 25		30 < I < 50	55 < I < 75	I > 80	
Nombre de jours	44		9	4	1	59

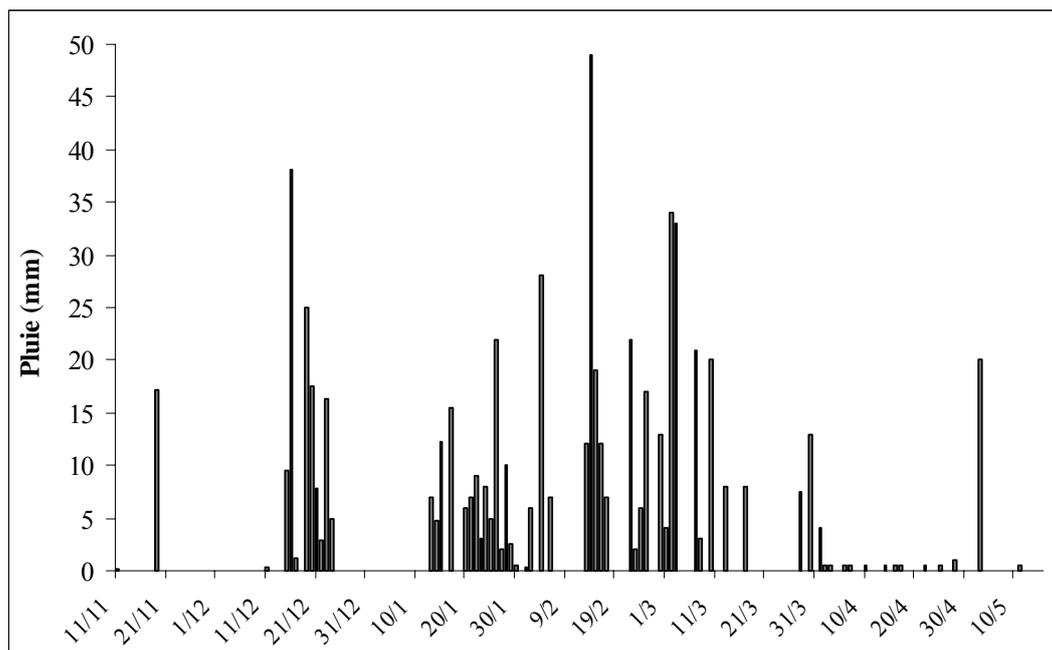


Figure 7 : Répartition des pluies journalières durant la campagne 2010-2011

Durant la campagne de l'essai, les pluies se répartissent sur 65 jours, à partir du mois de novembre jusqu'au mois de mai, avec une hauteur totale de l'ordre de 637,8 mm, et avec un maximum journalier de 49 mm (mi-février) (fig 7 et annexe 3). Les pluies inférieures à 20 mm constituent 86 % des événements pluvieux, celles comprises entre 20 mm et 30 mm, 7 % et celles supérieures à 30 mm sont au nombre de quatre, soit 7 % des événements

pluvieux seulement (tab 3). Avec ces évènements de forte précipitation, trois pics principaux de pluies ont été constatés. Les deux premiers se situent respectivement dans la deuxième décennie de décembre et de février, et le troisième se concentre dans la première décennie de mars.

A propos de l'intensité de la pluie, le maximum atteint 80 mm.h⁻¹. Les évènements pluviaux intenses ($I > 55$ mm.h⁻¹) représentent 7,7 % des pluies. L'un de ces évènements a eu lieu dans la troisième décennie du janvier et les restes coïncident aux périodes de forte précipitation de l'année.

3.1.2 Ruissellement et érosion

3.1.2.1 Ruissellement

Les figures 8 synthétisent la réponse des différents systèmes, labourés et SCV, et la réponse des deux pentes différentes sur le ruissellement dans une saison pluvieuse 2010-2011.

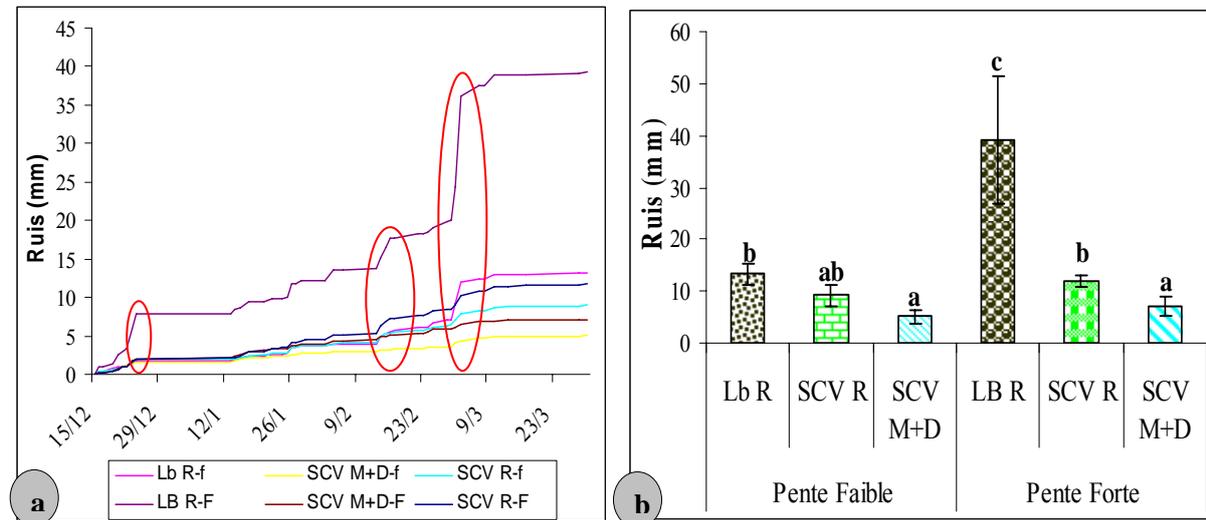


Figure 8 : Ruissellement durant la campagne pluvieuse 2010-2011 : (a) Dynamique de ruissellement en fonction de la date des pluies – (b) Cumul de ruissellement en fonction du traitement et de la pente

Les résultats montrent que pour tous les traitements le ruissellement trouve une importante augmentation en trois périodes pluvieuses : i) deuxième décennie du mois de décembre, ii) deuxième décennie du mois de février, et iii) première décennie du mois de mars (fig 8.a).

Quant à la quantité de ruissellement cumulé, la figure 8.b indique clairement la présence d'une différence significative au seuil de 5 % pour les deux systèmes labourés et SCV. Sur une forte pente, le ruissellement sur LbR s'élève jusqu'à 39 mm. Il diminue nettement sur les systèmes SCVR-F (11 mm) et SCV M+D-F (7 mm). Sur une pente faible, le ruissellement est de 13,2 mm sur LbR, contre 9,2 mm sur SCVR et 5,07 mm SCV M+D.

D'une manière générale, ces trois systèmes peuvent être classés de la manière suivante, par ordre d'importance de ruissellement: Lb R > SCV R > SCV M+D. Ce classement est valable quelles que soient les pentes.

3.1.2.2 Pertes en terre

Les pertes en terre durant la période d'expérimentation sont groupées dans les figures 9.

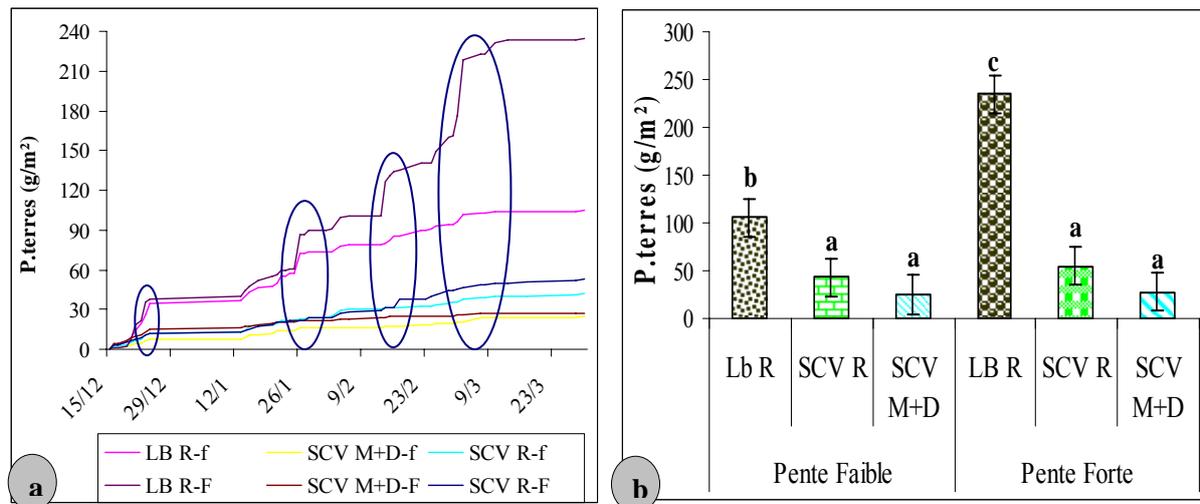


Figure 9: Pertes en terre durant la saison pluvieuse 2010-2011 : (a) Dynamique des pertes en terres en fonction de la date des pluies – (b) Pertes en terres en fonction des traitements et des pentes

Les courbes de la dynamique des pertes en terre (fig 9.a) présentent nettement une augmentation en deuxième décennie de décembre, troisième décennie de janvier, deuxième décennie de février et première décennie de mars. Une différence hautement significative a été constatée entre les pertes en terres enregistrées au niveau des parcelles labourées et celles conduites en SCV (Fig 9b et annexe 9), que ce soit sur pente forte ou sur pente faible.

Sur la pente faible, les pertes en terres sont deux fois plus importantes sur un système labouré LbR, avec une quantité de 106 g.m^{-2} , que sur un système SCV R (43 g.m^{-2}) et quatre fois plus que sur un système SCV M+D (25 g.m^{-2}). Sur la pente forte, ces écarts entre les trois systèmes deviennent plus importants, ils sont doublés. La quantité des terres perdues sur le LbR est beaucoup plus élevée, 235 g.m^{-2} alors que sur SCVR et SCV M+D, elle diminue respectivement jusqu'à 55 g.m^{-2} à 28 g.m^{-2} .

Bref, la mesure de turbidité présente la capacité de chaque millimètre de ruissellement à arracher les sédiments. Elle est bien détaillée dans l'annexe 7 et est représentée clairement dans la figure 10.

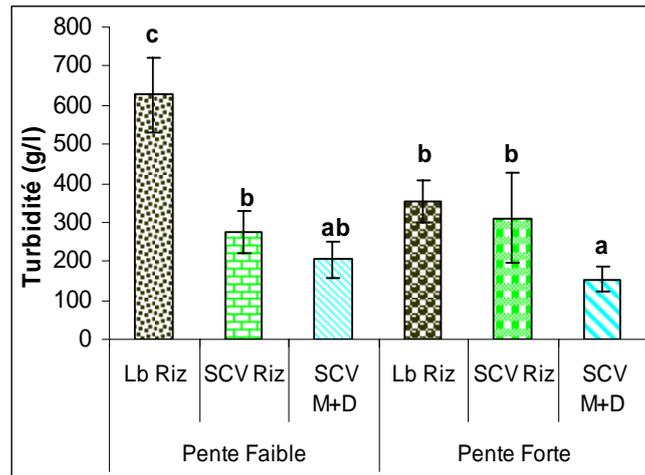
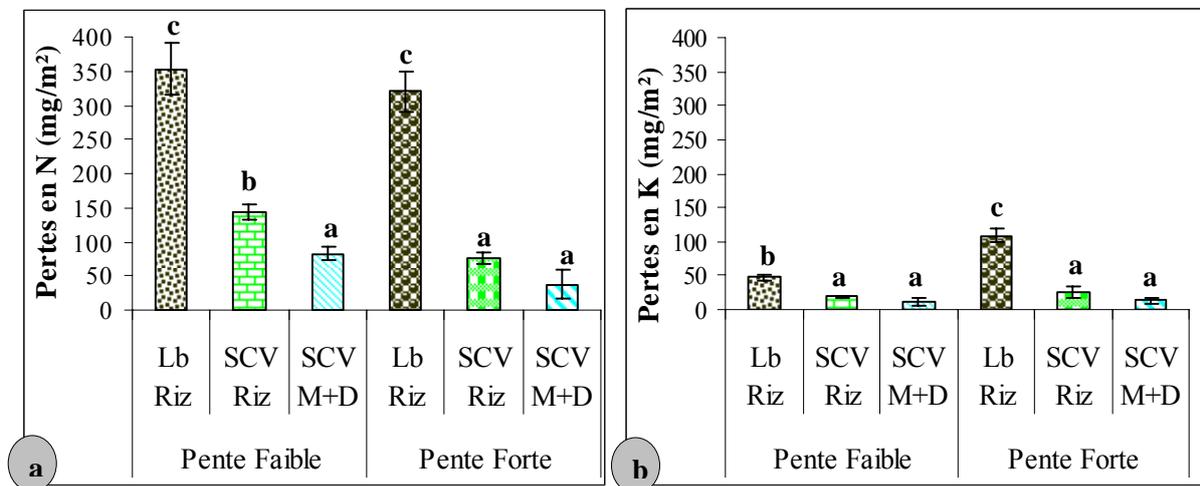


Figure 10 : Turbidité en fonction du traitement sur des pentes différentes

Quel que soit l'intensité de la pente, la turbidité est plus élevée avec un système labouré qu'avec un système SCV. Sur la pente faible, la quantité des particules solides dans l'eau ruisselée augmentent jusqu'à 626 g.l-1 sur LbR ; alors qu'elle varie entre 272 g.l-1 et 203 g.l-1 sur les systèmes paillés SCV R et SCV M+D et la différence est significative d'après l'analyse statistique à un seuil de 5%. Par contre sur la pente forte, il n'y a pas de différence entre le système labouré et SCVR, mais le classement des trois systèmes est le même que celui observé sur pente faible. C'est le SCV M+D qui est significativement le plus faible, avec une turbidité réduisant de moitié (154,2 g.l-1).

3.1.2.3 Pertes en éléments



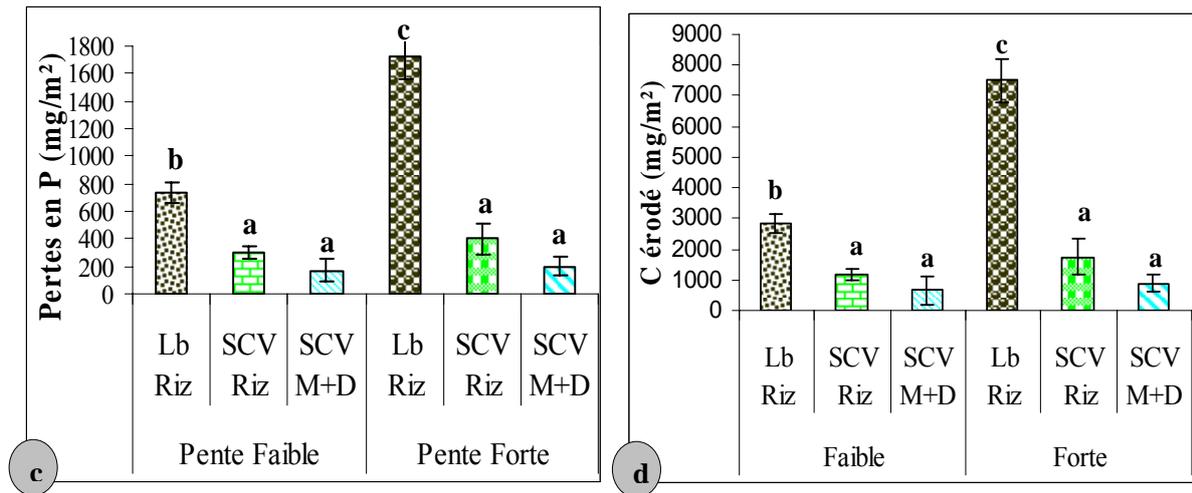


Figure 11 : Pertes en éléments en fonction du traitement sur des pentes différentes
(a) Pertes en azote – (b) Pertes en potassium– (c) Pertes en phosphore - (d) Carbone organique érodé

Les pertes en éléments (fig 11) sont directement proportionnelles aux pertes en éléments solides. Quelque soit le pourcentage de la pente, elles sont plus élevées sur les systèmes labourés que sur les systèmes SCV et la différence est significative. Sur la pente faible, par rapport à un système labouré, les pertes en éléments sont deux fois plus réduites que sur un système SCVR, et quatre fois plus réduites que sur un système SCV M+D. Sur la forte pente, ces diminutions sont doublées. Ainsi, les pertes en éléments sur une pente forte, avec les systèmes labourés, à l'exception de l'azote, sont deux fois plus importantes que celles mesurées sur une faible pente. Par contre à propos des pertes en azote, elles sont plus intenses sur la pente faible que sur la pente forte, avec des valeurs plus proches (352 mg.m^{-2} sur LbR-f et 320 mg.m^{-2} sur LbR-F) et la différence n'est pas significative.

Les quantités de N, P, K et C érodés sont respectivement 320 mg N.m^{-2} , 1719 mg P.m^{-2} , 109 mg K.m^{-2} , et 7493 mg C.m^{-2} sur le système LbR, contre 75 mg N.m^{-2} , 403 mg P.m^{-2} , 26 mg K.m^{-2} et 1756 mg C.m^{-2} sur le système SCVR, et 36 mg N.m^{-2} , 202 mg P.m^{-2} , 13 mg K.m^{-2} , 879 mg C.m^{-2} sur le système SCV M+D.

En faisant une analyse de l'interaction entre les paramètres pente et systèmes, il y a une différence significative entre les deux systèmes labourés et SCV, quelle que soit la situation considérée (pente forte ou faible).

3.1.2.4 Caractéristique de l'état superficiel après saison pluvieuse

Comparaison du taux de couverture végétale avec le ruissellement et les pertes en terres

La comparaison du taux de couverture végétale avec le ruissellement et les pertes en terres est présentée dans les deux figures (Fig 12.a et Fig 12.b) ci-après et l'annexe 9.

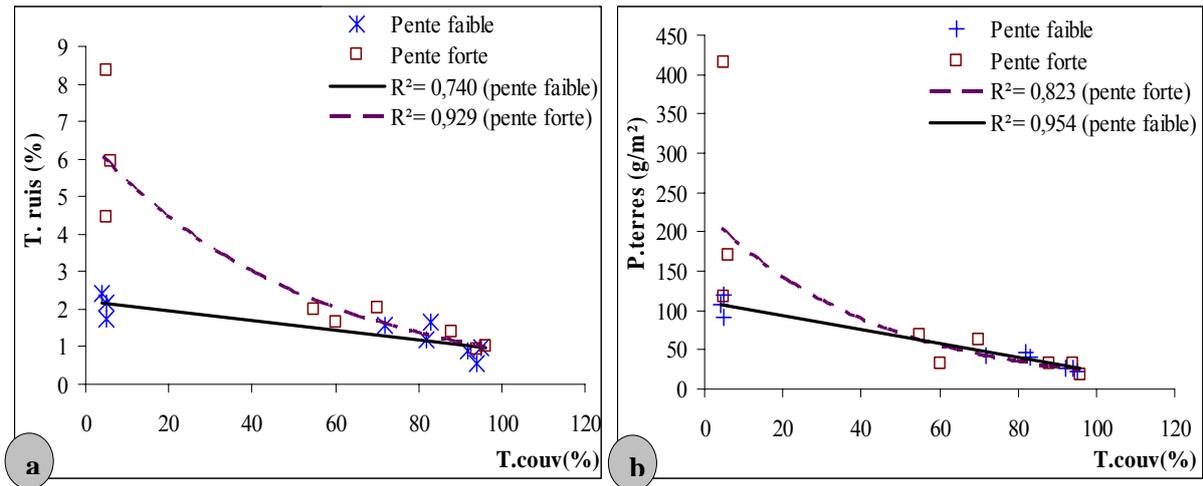


Figure 12: Relation entre le taux de couverture et (a) le taux de ruissellement - (b) les pertes en terres

Les résultats obtenus révèlent que le traitement maïs+dolique sur SCV morte recouvre mieux le sol (93 %) que le traitement riz sur SCV morte (70 %) et surtout le traitement riz sur labour (5 %). La corrélation entre la couverture végétale et le taux de ruissellement est plus meilleure sur la situation en pente forte ($R^2=0,93$) qu'en pente faible ($R^2=0,74$).

Concernant le rapport entre la couverture végétale et les pertes en terres, une tendance similaire a été constatée. Il y a toujours une très bonne corrélation entre le taux de couverture et les pertes en terre. Le coefficient de corrélation sur une faible pente ($R^2=0,95$) devient meilleur par rapport à celui sur une forte pente ($R^2= 0,83$) (Fig 12.b).

Comparaison de surface encroûtée avec le ruissellement et les pertes en terres

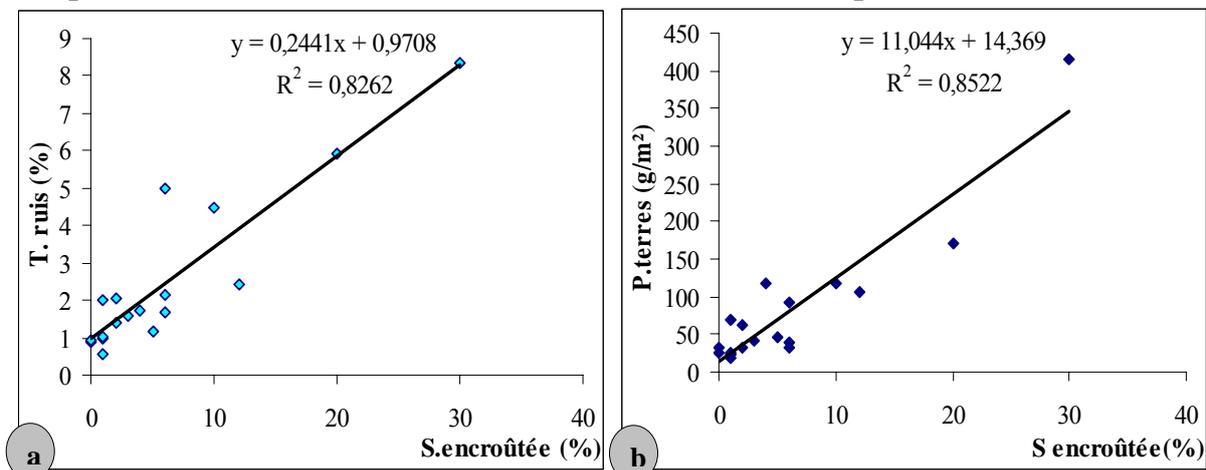


Figure 13 : Relation entre le pourcentage de surface encroûtée après saison pluvieuse et (a) le taux de ruissellement - (b) de l'érosion durant la saison pluvieuse.

Les figures 13.a-b présentent que le pourcentage de surface encroûtée est bien corrélé avec le taux de ruissellement (fig 13.a) où $R^2= 0,906$, et avec l'érosion (fig 13.b) où $R^2= 0,85$. 13,7 % de surface est encroûtée sur la parcelle de riz sur labour contre 3,8 % sur celle de riz sur SCVm et seulement 0,8 % sur celle de maïs+dolique conduite en SCVm.

3.1.3 Adventices

3.1.3.1 Dégradation du mulch

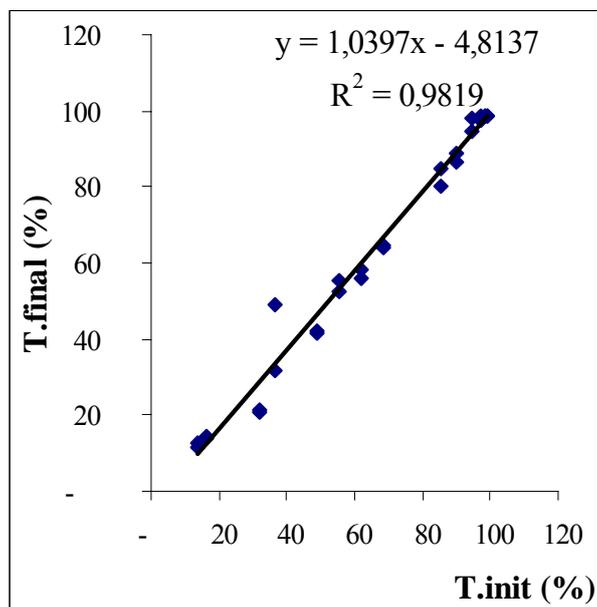


Figure 14 : Rapport entre taux de couverture du sol à l'état initial et taux de couverture du sol à l'état final

Durant la campagne d'essai (4 mois), la vitesse de décomposition du mulch est encore très lente. Les valeurs du taux de couverture mesurées à l'état final ne s'éloignent pas de celles calculées à l'état initial. L'écart trouvé varie de 0 à 5 % avec les paillis de maïs+dolique et de 0 à 7 % avec le stylosanthes. Dans le cas de couverture de type maïs+dolique, un cas particulier est remarqué sur quelques parcelles parce qu'il y a une augmentation du taux de couverture final par rapport à l'état initial. C'est le cas de la parcelle dont la couverture est constituée par des spathes de maïs qui recouvrent bien le sol mais qui sont très légers.

3.1.3.2 Emergence des adventices

Les figures 15 et 16 résument l'émergence des adventices durant la période de l'expérimentation 2010-2011.

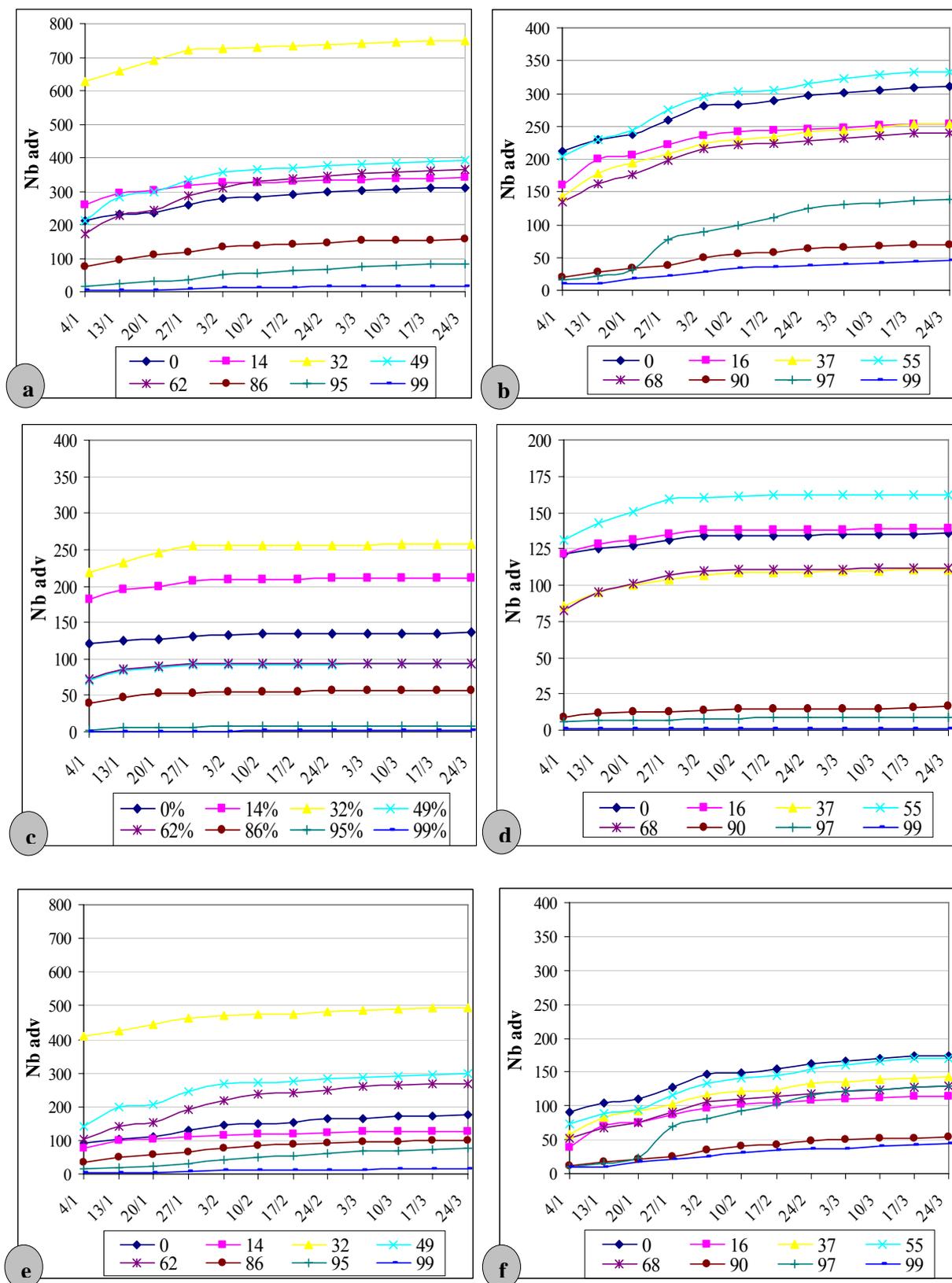


Figure 15 : Dynamique de l'émergence des adventices par type de couverture en fonction de la date de suivi de l'émergence : (a) adventice total sur stylosanthes - (b) adventice total sur maïs+dolique - (c) dicotylédones sur stylosanthes - (d) dicotylédones sur maïs+dolique - (e) monocotylédones sur stylosanthes - (f) monocotylédones sur maïs+dolique

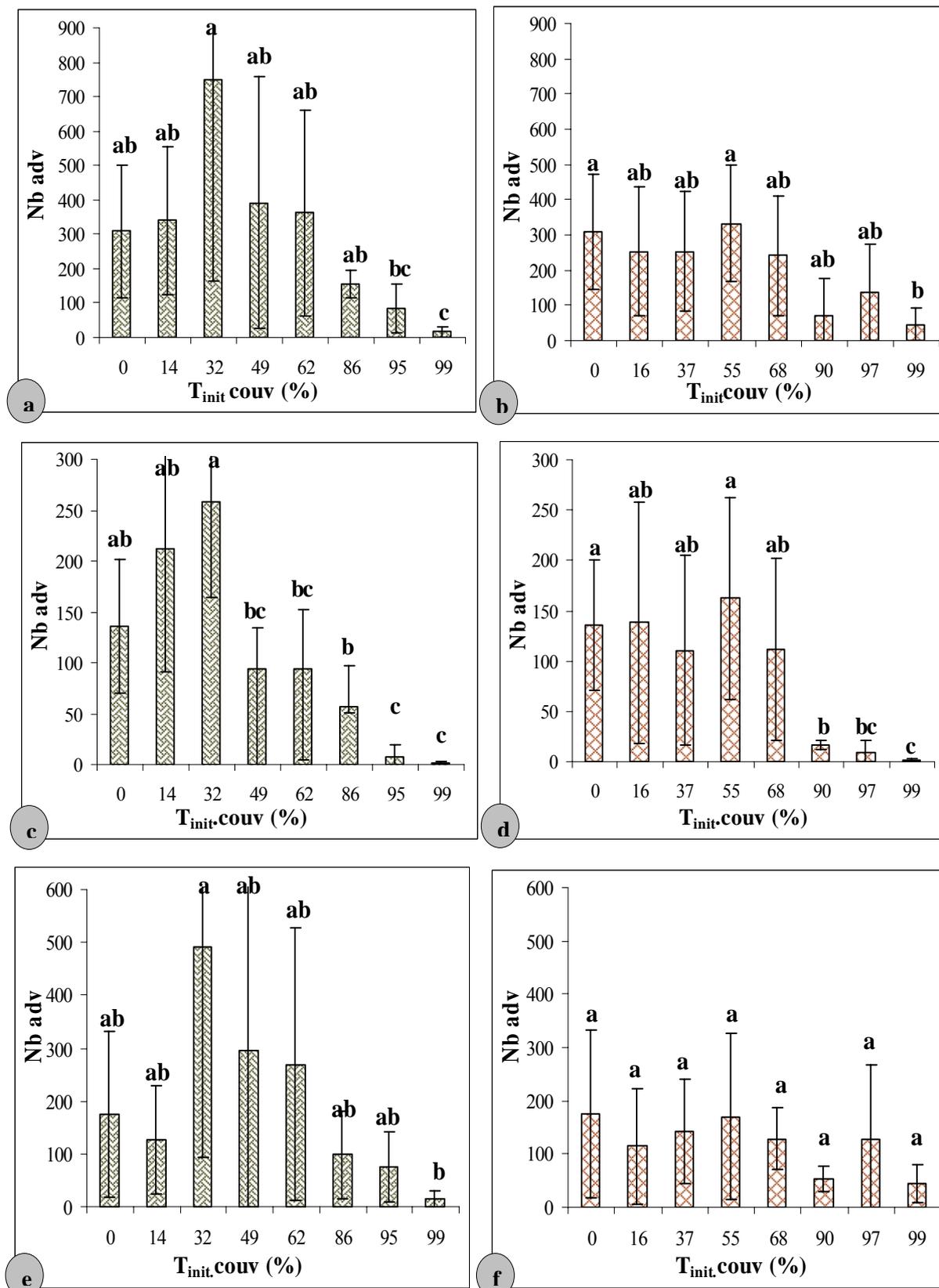


Figure 16 : Emergence des adventices en fonction du taux et du type de couverture : (a) adventice total sur stylosanthes – (b) adventice total sur maïs+dolique – (c) monocotylédones sur stylosanthes – (d) monocotylédones sur maïs+dolique – (e) dicotylédones sur stylosanthes – (f) dicotylédones sur maïs+dolique

A propos de la dynamique de l'émergence des adventices tout au long de la campagne d'essai (fig 15), les adventices, que ce soient les monocotylédones ou les dicotylédones, émergent beaucoup plus dans le premier mois de mesure, c'est-à-dire à partir du 4 janvier au 10 février 2011. Cette forte émergence est valable quels que soient le type et le niveau du taux de couverture considéré. Elle atteint jusqu'à un pourcentage moyen de 86,91 % de l'émergence totale dans le cas des adventices totaux (fig 15.a-b ; annexe 7), 96,92 % des monocotylédones et 83,16 % des dicotylédones. A partir du 10 février elle devient de plus en plus stable.

Quant à la quantité, les figures 15 montrent l'émergence des adventices qui varie suivant les différents taux et les types de couverture du sol.

Avec le paillis de stylosanthes, cette émergence est beaucoup plus élevée pour le taux de couverture de 32 %. Pourtant la différence de ce taux par rapport aux autres n'est significative qu'à partir du taux de 49 % pour les monocotylédones (fig 16.a ; fig 16.c et annexe 7) et à partir de 86 % pour les dicotylédones (fig 16.e). L'analyse des adventices totales germées permet de tirer que la différence est absente qu'à partir de 95 %. Ainsi, l'émergence des adventices trouvée avec un taux de couverture 32 % est réduite jusqu'à un neuvième de celle mesurée sur 95 % 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 : 32 % > 49 % > 62 % > 14 % > 0 % > 86 % > 95 % > 99 %.

En ce qui concerne le paillis de maïs+dolique l'émergence la plus forte a eu lieu pour le taux de couverture de 55 %. La réduction de l'émergence des monocotylédones n'apparaît qu'à partir du taux de 90 % (fig 16.d). La différence est ainsi significative. Par contre, la différence entre les huit taux de couverture est totalement absente pour l'émergence des dicotylédones. L'analyse statistique de l'émergence des adventices totales révèle que la différence réside seulement entre les taux de couverture 0 %, 55 % (même groupe a) et 99 % (groupe b). Les huit niveaux du taux de couverture de maïs+dolique sont alors classés comme suit, face à la réponse de la maîtrise des plantes adventices, par ordre décroissant : 99% > 97% > 90% > 68% > 37% > 16% > 0% > 55%.

Les figures 16.c-d-e-f indiquent que le nombre des dicotylédones est doublé par rapport à celui des monocotylédones avec un paillage inférieur à 86 % de stylosanthes et supérieur de 5/3 avec un paillage inférieur à 90 % du maïs+dolique. Ces écarts deviennent de plus en plus élevés pour les taux de couverture du sol 99%.

En comparant l'émergence des adventices sur les deux types de mulch, elle est beaucoup plus importante sur stylosanthes que sur maïs+dolique si le taux de couverture du sol est inférieur à 90%: quatre adventices émergées sur stylosanthes contre trois sur maïs+dolique. Par contre, quand le sol est couvert à 99%, l'émergence des adventices est trois fois plus sur maïs+dolique que sur stylosanthes.

3.1.3.3 Quantification des adventices émergées durant une campagne culturale

Les figures 17 et 18 montrent la quantité des adventices émergées dans la moitié de chaque parcelle élémentaire au cours de la période de l'essai. Cette quantité se traduit par le poids sec de la biomasse finale des adventices et le nombre de pieds d'adventices dominantes.

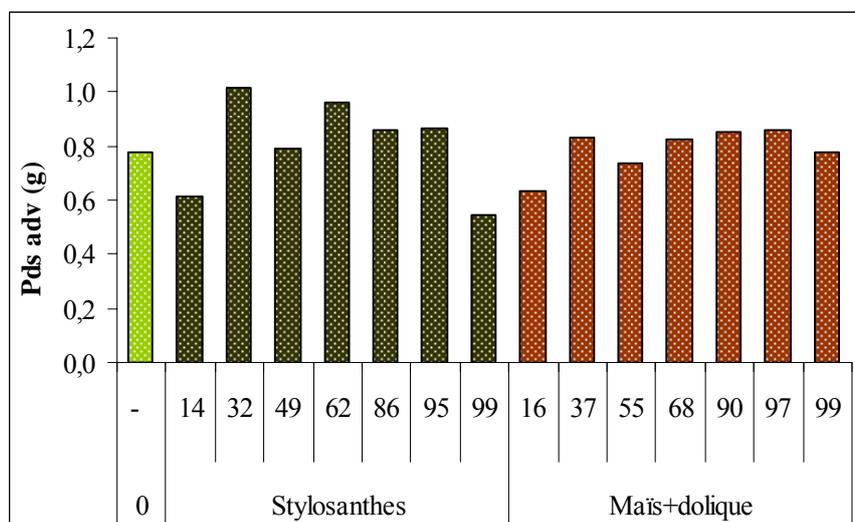


Figure 17 : Poids final des adventices sur 1m² en fonction du taux et du type de couverture

Le poids sec des adventices émergées sur une parcelle de 1 m² depuis le début jusqu'à la fin de l'essai est indiqué dans la figure 17. Dans le cas de paillis du type stylosanthes, il varie de 0,55 g.m⁻² sur 99 % de couverture à 1,01 g.m⁻² sur un niveau de 32 %. Ce sont les deux niveaux extrêmes où l'émergence des adventices, quel que soit le type de couverture est respectivement la plus faible et la plus importante. Dans le cas de paillis du maïs+dolique, ce poids est compris entre 0,63 g.m⁻² (taux de couverture = 16 %) et 0,86 g.m⁻² (taux de couverture = 97 %). L'analyse statistique ne montre pas de différence significative pour les différents niveaux et le type de couverture. Le poids des adventices émergées ne varie pas proportionnellement avec leur nombre.

Parmi ces adventices, les amarantes sont les plus visibles. Elles constituent 46 % du poids sec des adventices émergées sur des parcelles sans mulch, 34 % sur les parcelles couvertes de maïs+dolique et 36 % sur les parcelles couvertes de stylosanthes (annexe 8). Ainsi, la figure 18 montre le nombre d'amarantes et leur poids à l'état sec.

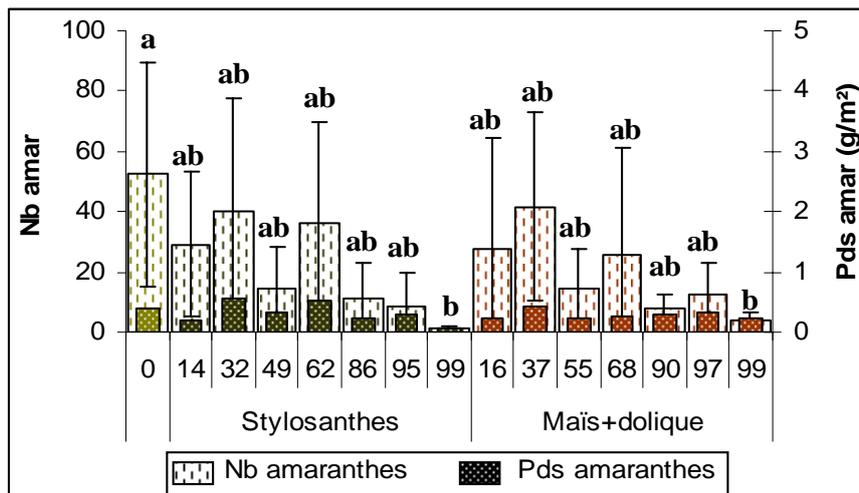


Figure 18 : Nombre et poids sec d'amaranthes émergées dans 1 m² en fonction du taux et du type de couverture pendant la campagne de l'essai (2010-2011)

Le nombre d'amaranthes émergées est beaucoup plus élevé sur la parcelle nue (53 amaranthes) puis il diminue sur les parcelles paillées et varie suivant le taux et le type de couverture. Malgré cela la différence n'est significative qu'entre les taux de couverture de 0 % (groupe a) et 99 % (groupe b). Il est réduit à 20 fois moins si le taux de couverture atteint 99 %. Par contre, le poids sec des amaranthes le plus important est celui sur la parcelle paillée à 32 % de stylosanthes, soit 0,55 g.m⁻² et le plus faible est celui sur la parcelle paillée à 99 % de stylosanthes, soit 0,08 g.m⁻². L'analyse statistique montre que ces différents niveaux de couverture sont statistiquement égaux pour le poids sec de la biomasse des adventices émergées. Ils appartiennent au même groupe.

3.2 Discussion

3.2.1 Effet des systèmes SCV sur l'érosion hydrique

Nos résultats évoquent qu'avec une pente forte (23%), le ruissellement sur des systèmes labourés est trois fois plus fort que celui sur des systèmes paillés riz et surtout cinq fois plus important que celui sur des systèmes paillés de maïs associée avec de la dolique. Parallèlement à cette différence des traitements face à la réponse au ruissellement, les systèmes labourés s'érodent quatre fois plus que les systèmes paillés riz et huit fois plus que les systèmes paillés de maïs+dolique. Nous pouvons dire alors que les traitements qui ruissellent le plus s'érodent le plus, et que le taux de ruissellement et les pertes en terre et en éléments sont en corrélation négative avec le taux de couverture végétale du sol. Le recoupement de toutes ces informations permettent d'en déduire que la présence de couverture sur le sol permettent de réduire d'une manière significative l'érosion hydrique. Ces résultats sont en accords à ceux rapportés par Séguy *et al.* (2009), Scopel *et al.* (2005), et Michellon (1992). En effet, la couverture du sol (vive ou morte) constitue un écran protecteur

de la surface du sol, elle agit en retardant le début du ruissellement et en diminuant son intensité (Scopel *et al.*, 2004) ; elle assure la fixation du sol en place, le filtrage continu des eaux du ruissellement (effet peigne), et diminue la compétence de la nappe ruisselante (énergie cinétique du courant d'eau mobilisateur de particules) (Monimeau, 1991).

Dans la présente étude, le taux de ruissellement sur une parcelle labourée ne dépasse guère 6 % alors que sur les Hautes-terres, un taux de ruissellement plus de 8 % est enregistré (Razafindramanana Rakotoniaina, 2011). Encore plus, Scopel *et al.* (2005) ont avancé un taux de ruissellement plus important de l'ordre de 39 % sur une parcelle labourée au Mexique. Entre autre, le maximum des pertes en terre mesurées lors de notre expérimentation est de $2,4 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$. Or, Andrianavalona (2005) donne des pertes en terre variant entre 5 et $25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ sur les bassins versants d'Antsaharatsy, Razafindramanana Rakotoniaina (2011) trouve des pertes en terre moyenne de $7 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ sur un dispositif expérimental d'érosion à Andranomanelatra et Randriamanga *et al.* (2007) rapportent des pertes en terre plus importantes jusqu'à $23 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ sur les bassins versants de Maniandro. Dans les pays tropicaux, les pertes en terre moyennes varient entre 10 et $11 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ (Mandal *et al.*, 2006). Quant à des pertes en éléments par érosion hydrique, nos mesures donnent des quantités maximum de $3,5 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de N érodé, $17 \text{ kg P.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de P érodé, $1,09 \text{ kg K.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de K érodé, et $75 \text{ kg C.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de C érodé tandis qu'une étude menée par Razafindramanana (2011) sur les Hautes terres présente $25 \text{ kg N.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de N érodé, $6 \text{ kg P.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de P érodé et $329 \text{ kg C.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ de C érodé.

Par rapport à ces études antérieures, le taux d'érosion hydrique enregistré dans la présente étude durant la période d'expérimentation pourrait être considéré comme faible. La différence pourrait être attribuée à la différence liée à l'état de la surface du sol, aux caractéristiques des pluies, et à la pente.

En ce qui concerne l'état de la surface du sol, Boiffin en 1984 a montré que la formation de croûte de battance à la surface du sol a une conséquence sur la structure superficielle du sol. Cela provoque une diminution de la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol et donc une augmentation de risque du ruissellement et de l'érosion. Nos résultats sont en accord avec cette observation. Ils montrent que la formation de croûte en surface et les taux du ruissellement et de l'érosion sont corrélés positivement. Plus la formation des croûtes en surface est importante, plus le ruissellement, l'érosion et les pertes en éléments augmentent.

A propos de la pluie, Ellison (1944) et Ekern (1950) ont déjà évoqué qu'elle constitue un agent érosif essentiel de l'érosion hydrique du sol. En plus, Scopel *et al.* (2004) a affirmé que le coefficient du ruissellement et d'érosion augmentent avec la pluviométrie. Dans le même ordre d'idée, au cours de notre expérimentation, les périodes de fort ruissellement se coïncident parfaitement avec les périodes de forte précipitation (§3.1.1, fig 7 et §3.1.2, fig 8.a et fig 9.a). Une observation similaire a été constatée au niveau des pertes en terre et en

éléments. A titre indicatif, Razafindramanana (2011) a mené une expérimentation sous une pluie importante, de l'ordre de 1290 mm alors que nos mesures sur le Lac Alaotra ont été réalisées sous une pluie qui ne dépasse pas 637 mm.

Quant à la pente, Deloye et Rebour en 1953 ont révélé que le pourcentage de la pente et le taux d'érosion sont proportionnels, *i.e.*, plus la pente est faible, plus l'infiltration est importante, par voie de conséquence le taux d'érosion connaît une nette diminution. Cette observation est vérifiée au cours de notre étude. Les résultats que nous avons eus montrent que l'érosion et le ruissellement sous parcelles labourées sur une pente forte sont respectivement le double et le triple de ceux mesurés sous parcelles labourées en pente faible. En revanche sous systèmes SCV, le taux d'érosion (ruissellement, pertes en terre et en éléments) reste faible quelles que soient les conditions d'expérimentation (pente faible aux environs de 6 % ou pente forte de l'ordre de 23 %). Par contre, les pertes en azote sont estimées élevées sur une faible pente par rapport à celles sur la forte pente. Ceci est dû à une plus forte teneur en azote sur la pente faible par rapport à la teneur totale en azote sur la pente forte. Ainsi, il est fort probable qu'une énorme quantité d'azote sur la pente forte était déjà érodée d'où sa teneur initialement plus faible. Dans ce contexte, les systèmes SCV (traitements SCV R et SCV M+D) constituent des systèmes conservatoires du sol.

En bref, la première hypothèse de départ disant que les taux de ruissellement et d'érosion sont plus faibles sur les systèmes SCV que sur les systèmes labourés, est vérifiée au cours de cette étude.

3.2.2 Effet des paillis sur l'émergence des adventices

Les résultats obtenus durant la campagne d'essai 2010-11 indiquent que les taux de couverture du sol ne sont significativement différents, face à l'émergence des adventices, qu'à partir de 95 %, pour le stylosanthes et de 90 %, pour le maïs+dolique. Ces résultats (taux de couverture < 90 %) sont plutôt particuliers par rapport à ceux des autres études (*com pers Naudin*). Les taux de couverture intermédiaires créent un microclimat au niveau du sol et l'évolution de l'émergence de la flore adventive est liée à cette modification du microclimat (Monimeau, 1991). Ainsi, le sol est partiellement couvert, donc l'effet de paillis n'est pas parfaitement observé. En plus les taux de paillis intermédiaire aient favorisé l'infiltration et la rétention de l'eau. En effet, les conditions sont réunies pour que les adventices puissent émerger. Ces résultats prouvent alors que si le paillage est insuffisant, les mauvaises herbes peuvent se développer, profitant même de l'amélioration des conditions physiques du sol (Husson *et al.*, 2009). Ces résultats laissent penser que l'eau constitue un facteur plus déterminant de l'émergence des adventices que la couverture végétale du sol. Cette hypothèse est vérifiée par l'importance des adventices germés avec un taux de couverture de stylosanthes de 32 % et un taux de couverture de maïs+dolique de 55 % 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 en dominant les adventices et cette domination se fait par compétition pour la lumière (ombrage) (Séguy *et al.*, 2009).

Quant au type des adventices émergés, le rapport entre l'apparition de monocotylédones et celle de dicotylédones est aux alentours de 1/2 (cas de stylosanthes) et 2/3 (cas de maïs+dolique) si le taux de couverture ne dépasse pas 90 % ; au dessus de 90 %, ce rapport devient 1/10. Cela signifie que les dicotylédones émergent beaucoup plus que les monocotylédones et ce, d'autant plus que le taux de couverture augmente. L'étude sur la biomasse finale des adventices prouve également ce même point. Elle révèle que les amarantes constituent 46 % (s'il n'y a pas de couverture) du total du poids sec des mauvaises herbes existantes sur la parcelle depuis le début jusqu'à la fin de l'essai, 36 % (si la couverture est du type stylosanthes) et 34 % (si la couverture est maïs+dolique). A titre indicatif, les amarantes sont des plantes annuelles qui peuvent atteindre plus de 200 cm de haut et un pied d'amarante porte jusqu'à 80.000 graines qui sont facilement transportées par le vent (Husson *et al.*, 2010), mais pour avoir plus d'information sur cette plante, veuillez se rapporter à l'annexe 6. Il semblerait que c'est pour ces caractéristiques que les amarantes dominent plus la parcelle que les autres plantes adventives, dont la liste de ces plantes est rapportée en annexe 5. Ces résultats confirment l'attaque importante des dicotylédones sur le *tanety* d'Alaotra (Paysans & techniciens, com.pers).

En bref, plus le taux de couverture augmente, plus l'émergence des adventices réduite, mais ceci est valable seulement à un taux de couverture du sol supérieur à 90 %. Par conséquent, avec une année à faible pluviométrie, il faut attendre une couverture quasi totale du sol pour que le paillage diminue l'émergence. Ainsi, la deuxième hypothèse énoncée au début, disant que l'émergence des adventices et le taux de couverture sont en corrélation négative, est partiellement confirmée lors de notre essai.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les systèmes SCV remplissent une série de services écosystémiques dès qu'ils sont techniquement bien réalisés. Ainsi, ils peuvent limiter la dégradation des sols ou les améliorer en les protégeant contre l'impact des gouttes de pluie, en freinant l'érosion hydrique par la protection directe du sol et par l'amélioration de la stabilité structurale du sol ainsi que la porosité du sol. Ils interviennent également dans la lutte contre l'émergence des plantes adventives. Pourtant, cette capacité des systèmes SCV pour maîtriser les adventices est limitée par les conditions climatiques. Avec une saison fortement sèche, le paillage ne constitue pas réellement une méthode de lutte efficace sauf si son taux de couverture du sol avoisine, voire dépasse les 90 %. Au-delà de ce niveau il agit parfaitement comme concurrent des mauvaises herbes par différentes actions. Par rapport au désherbage manuel, les systèmes SCV minimisent la main d'œuvre à mobiliser et par rapport au désherbage chimique, ils réduisent le coût de production.

Les résultats trouvés dans ce manuscrit sont obtenus avec une saison particulière à cause de la pluie déficitaire par rapport à la moyenne obtenue durant 10 ans dans le milieu d'étude. Par conséquent nos résultats sont particuliers par rapport aux autres études. En plus, l'évaluation de l'effet de *mulch* sur la maîtrise des plantes adventives est limitée seulement sur la culture de *tanety*. Il y aurait lieu alors de s'interroger sur ses effets si la saison des pluies est plus arrosée et sur ses effets dans les rizières, qui occupent la majorité de terrain cultivable au Lac Alaotra. De même la caractérisation du rôle des systèmes SCV sur le ruissellement et les pertes en terre et en éléments est étudiée sur un site ayant des conditions pédoclimatique différentes à celles de toutes les *tanety* du Lac-Alaotra. De plus, avec les micro-lots d'érosion utilisés, l'effet de la pente n'est pas toujours bien reflété dans toutes les mesures, alors qu'elle influe sur la quantité du ruissellement et surtout sur l'érosion. Plus la pente est longue, plus la vitesse de ruissellement augmente et plus la perte en terre s'accroît. On se demande donc dans quelles mesures ces résultats sont extrapolables sous des climats différents ou dans des milieux non étudiés ou dans des circonstances où la pente est plus longue.

Face à ces limites précitées, des perspectives peuvent être proposées. Ces travaux méritent d'être poursuivis pour avoir d'autres résultats avant d'en tirer une proposition de protection de culture pour nos agriculteurs. En d'autre terme, il sera intéressant de reprendre les mêmes expérimentations, étant donné qu'un essai d'un an ne suffit pas de tirer une conclusion définitive sur cette étude. Du côté de l'essai mulch-adventices, l'évaluation du rôle des systèmes SCV sur le contrôle des mauvaises herbes dans les rizières restera également importante parce qu'elles sont aussi la proie permanente des adventices. Dans la partie ruissellement-érosion-SCV, installer d'autres dispositifs dans un système typiquement *tanety* serait sollicités pour quantifier réellement les impacts sur place et en aval du site d'érosion.

Si les moyens le permettent, il sera mieux d'utiliser des grands lots d'érosion afin que l'extrapolation des résultats offre une constatation plus proche de la réalité surtout dans la région d'Alaotra où le relief constitue un théâtre d'érosion. Mais vu le coût élevé d'installation des lots d'érosion avec tous les matériels et les mains d'œuvre qu'ils demandent, il sera essentiel de mobiliser un partenariat avec des institutions de recherche et financières.

Il faut conserver nos sols tels que la nature, par son travail incessant, nous les a légués, si nous ne voulons pas à très bref délai et à grands frais, être obligés de les restaurer, sinon les abandonner à l'improductivité. Que deviendront alors les hommes qui les peuplent ? (Vialas, 1953).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- André, L., Bernard, C., Boulanger, F., Bruelle, G., Decroix, M., Fabre, J., Falconnier, G., Fleury, J., Kong, R., Michel, E., Miquel, M., Paresys, L., Ricard, B., Salanié, F., Topi, M., ValdesPineda, A., Villemaine, V., 2010. Erosion et pratiques des agriculteurs du Lac Alaotra : cas de la commune d'Ilafy et de Feramanga. 47pp.
- Be Martial, V., Rakotozandry, L., MamyRina, C., Ravalitera, L., Chabalier, P., nov 1996. Bilan et évaluation des travaux et réalisation en matière de conservation des sols de la région du Lac Alaotra. 40pp. + annexes.
- Boiffin, J., 1984. La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingénieur de l'INAPG, 320 pp.
- Bulletin IFEN n°121 de novembre 2007
- Bussière, M., 1996. L'érosion des sols cultivés en France: manifestation, coûts, remèdes. Mém. D.E.S.S., Univ. Picardie Jules Verne. 136 pp.
- Campy, M. & Macaire, J.J., 2003. Géologie de la surface: érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux 2eme Edition DUNOD, 440pp.
- Chabierski, S., Penot, E., Husson, O., 2008. Determinants of DMC technologies adoption among smallholders in the lake Alaotra area, Madagascar.
- Collectif « SOL-SCV » (GSDM, IRD, CIRAD, TAFA, FOFIFA), 2008. Sols tropicaux, Pratiques SCV, Services écosystémiques. 37pp.
- Défense et Restauration des sols. Fiche technique. 19pp.
- Deloye, M., Rebour, H., 1953. La conservation de la fertilité des sols. « Diffusion du livre » 92, rue Michelet. 158pp.
- Didier, P., Carole, L., Denis, G., 2002. Haies et bocages en milieu tropical d'altitude. AGRIDOC-GRET. 127pp. + annexes.
- Ekern, P.C., 1950. Raindrop impact as the force initiating soil erosion. Soil Science Society of America Proceedings 15
- Ellison, W.D., 1944. Studies of raindrop erosion. Agricultural Engineering, FOFIFA, Déc 1991. Station Agronomique du Lac Alaotra, 12pp.
- Husson, O., Charpentier, H., Naudin, K., Razanamparany, C., Moussa, N., Michellon, R., Andrianasolo, H., Razafintsalama, H., Rakotoarinivo, C., Rakotondramanana, Enjalric, F., Seguy, L., Sept 2009. Le choix des cultures, associations et successions adaptées aux contraintes agro-climatiques. Vol II. Chap 1. 24pp.
- Husson, O., Charpentier, H., Chabaud, F., Naudin, K., Rakotondramanana, Seguy, L., juin 2010. Les principales plantes des jachères et adventices des cultures à Madagascar. 64pp.
- Jürg, B., Bart, M., Randrianarisoa, J., déc 2002. Etude d'impact de la déforestation sur la riziculture irriguée-cas des petits bassins versants de Maroantsetra, Nord Est de Madagascar. 73pp.

- Lloyd, T., Delleré, R., Foley, G., 1993. Terres et Vivres, Deuxième édition, CTA. 96pp.
- Mandal, D., Dadhwal, K.S., Khola, O.P.S., Dhayni, B.L., 2006. Adjusted T values for conservation planning in Northwest Himalayas of India. *Journal of Soil and Water Conservation* 61, 6: 391-397.
- Michellon, R., 1992. Gestion des sols et des cultures avec couverture végétale. Rapport intermédiaire, IRAT-Réunion. 16pp.
- Moss, A.J., Walker, P.H. & Hutka, J., 1980. Movement of loose, sandy detritus by shallow water flows: An experimental study. *Sedimentary Geology*, 25(1-2): 43-66.
- Pierre, A., 1991. L'Alaotra grenier de Madagascar. Ed. Boulevard Raspail, PARIS. 21pp.
- 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.
- Randrianarison, L., mars 2002. Les bénéfices sur site de la conservation des sols d'après une approche de changement de productivité : cas des Hautes Terres de Madagascar. 24pp.
- Rasoloniaina, M., juillet 2005. Caractérisation des effets de différents systèmes de culture (semis direct sur couverture végétale et labour) sur la réduction du ruissellement et de l'érosion. *MEM Dép. Agriculture*. 48 pp. + annexes.
- Ratsivalaka, R., 2007. Les conditions socio-économiques de la lutte anti-érosive à Madagascar. *Journée scientifique inter-réseaux Hanoi 2007. Gestion intégrée des eaux et des sols*.
- Razafimbelo, T., 2005. Stockage et protection du carbone dans un sol ferrallitique sous système en semis direct avec couverture végétale des hautes terres malgaches. 120pp. + annexes.
- Razafindramanana, N., 2011. Contrôle des pertes en terre, en carbone et en nutriments par érosion sous systèmes en semis direct sur couverture végétale permanente des hautes terres centrales malgache. 128pp.
- Remamy, R., juillet 2005. Quantification des ruissellements et érosions sur défriche par différents systèmes de culture paysans des Hautes Terres de Madagascar : Labour et semis direct sur couverture végétale permanente de Madagascar. *MEM Dép. Agriculture*. 55pp. + annexes
- Roose, E. et De Noni, G., 1998. Apport de la recherche à la lutte antierosive : bilan mitigé et nouvelle approche. *Etude et Gestions des Sols*. 5 (3): 181-194.
- Scopel, E., Findeling, A., Chavez Guerra, E., 2005. Impact des techniques semis direct avec paillis sur la réduction de l'érosion et l'évolution des stocks de carbone de maïs pluvial en zones semi-arides de l'Ouest mexicain.
- 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 1. 32pp.
- Tassin, J., 1996. Rapport de mission d'appui au projet « Bilan-évaluation synthèse des travaux réalisés à Madagascar en matière de conservation des sols du 6 au 13 Juin 1996 dans le cadre des enquêtes prévues au Lac Alaotra ANAE/CIRAD/FOFIFA. 22pp.
- Tassin, J., 1995. La protection des Bassins versants à Madagascar, Bilan des actions conduites dans la région du Lac Alaotra in BFT N°246 4è trimestre 1995. p 7-23.
- Vincent, H., 2010. Evaluation socio-économique de l'impact des cultures en semis direct sous couvert végétal (SCV) sur les systèmes d'élevage et les pratiques d'intégration agriculture-élevage au lac Alaotra. 48pp. + annexes.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: Tableau de l'évolution de surface en SCV et nombre des paysans adoptant le SCV au Lac Alaotra	i
Annexe 2: Données météorologiques (pluies et température) enregistrées sur 10 ans (2000 à 2010) au Lac Alaotra.....	i
Annexe 3 : Données pluviométriques durant la campagne de l'expérimentation 2010-2011 ..	iii
Annexe 4 : Quantité et taux de couverture installée sur chacun des parcelles élémentaires (Expérimentation mulch-adventices)	iii
Annexe 5: Liste des adventices émergées sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »	iv
Annexe 6: Caractéristiques des plantes adventives les plus dominantes sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »	v
Annexe 7: Synthèse des résultats de l'émergence d'adventices sur un site d'expérimentation au Lac Alaotra	vi
Annexe 8 : Tableau de synthèse des résultats de l'effet de paillis sur la quantité des adventices émergées: cas des adventices totaux et cas des amarantes.....	viii
Annexe 9 : Synthèse des résultats de ruissellement, pertes en terres et turbidité avec les taux de couverture et les taux de surface encroûtée sur un site d'expérimentation au Lac Alaotra durant la période pluvieuse 2010-2011	viii

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

Synthèse de l'évolution de surface en SCV et nombre des paysans adoptant le SCV au Lac Alaotra

Phase Projet	Campagne agricole	SAISON		CONTRE SAISON	
		Surface (ha)	Nb paysans	Surface (ha)	Nb paysans
I	CS 2003			11	315
I	03-04	83	609	20	302
I	04-05	470	1191	46	344
I	05-06	1469	1801	91	600
I	06-07	1054	1570	138	547
I	07-08	1237	1978	195	750
II	08-09	2130,4	2189	522	1964
II	09-10	2834	2398	677	1549

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

Annexe 2: Données météorologiques (pluies et température) enregistrées sur 10 ans (2000 à 2010) au Lac Alaotra

Précipitations enregistrées sur le site d'expérimentation depuis sept 2000 à mai 2011

	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	
Sept	3,7	1,3	8,6	8,0	4,9	6,7	1,4	11,3	17,6	3,2		
Oct	1,1	13,5	0,9	31,4	0,0	0,1	0,8	11,8	80,7	6,6		
Nov	50,2	0,1	44,5	54,2	7,1	57,4	84,7	12,3	233,4	54,7	17,2	
Déc	165,5	208,6	389,6	160,4	366,8	221,4	60,5	140,2	106,7	103,9	123,8	
Janv	706,4	93,6	485,9	220,2	142,8	138,4	513,9	212,0	239,6	431,4	114,5	
Précipitation (mm)	Févr	105,9	432,2	311,2	129,8	484,0	86,3	446,0	409,9	192,0	75,5	200,3
	Mars	24,1	58,7	135,6	128,2	342,1	107,3	156,1	41,3	219,8	404,9	151,5
	Avr	28,9	14,1	3,1	16,3	46,6	13,0	50,5	2,3	146,9	2,6	10,0
	Mai	2,9	119,3	8,6	5,2	7,4	4,7	8,0	15,0	7,9	10,3	20,0
	Juin	6,9	6,4	4,3	8,2	5,1	8,9	3,3	14,3	1,2	5,8	-
	Juil	1,5	6,1	4,4	3,0	33,5	6,8	14,0	6,8	1,2	14,4	-
	Août	10,6	1,5	1,7	2,8	8,4	15,2	2,4	0,6	3,2	4,9	-
	TOTAL	1107,7	955,4	1398,4	767,7	1448,7	666,2	1341,6	877,8	1250,2	1118,2	637,3

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

Températures enregistrées sur dix ans (2000-2010)

	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	
Température min (°C)	sep	12,6	13,2	9,5	13,8	13,7	13,5	13,4	13,9	14,3	14,5
	oct	14,7	15,1	14,7	14,7	15,8	14,0	14,6	15,1	15,4	15,5
	nov	16,8	15,3	17,0	16,9	16,9	16,8	17,5	16,5	18,6	17,8
	déc	19,2	18,3	18,9	18,6	18,9	19,0	19,1	18,2	18,1	19,2
	jan	20,0	18,8	19,9	19,8	19,5	18,5	20,2	19,2	19,4	19,7
	fév	19,2	19,4	19,0	18,9	20,0	19,0	20,0	19,1	18,4	19,5
	mars	19,1	19,0	18,8	18,8	19,7	18,6	18,3	18,1	19,1	19,7
	avr	17,1	17,1	18,2	16,6	17,4	17,1	16,9	17,3	17,7	17,1
	mai	15,4	16,0	17,0	14,2	16,2	15,6	16,3	14,6	15,2	16,3
	juin	13,5	13,4	12,7	12,3	13,9	13,7	12,5	13,3	13,7	15,2
	juil	11,9	12,6	12,2	12,0	12,3	13,1	13,6	12,1	12,9	12,4
	août	13,6	12,7	11,6	12,3	12,6	12,8	12,8	12,7	13,8	13,3
Température max (°C)	sep	24,0	26,3	25,0	25,2	26,0	24,2	25,0	24,1	26,4	25,8
	oct	27,6	26,6	26,7	28,3	27,7	26,4	27,0	26,3	27,0	28,0
	nov	28,0	28,5	30,0	29,5	28,8	29,1	29,2	29,6	28,0	29,2
	déc	29,0	30,9	29,0	28,8	28,4	30,2	28,6	30,2	29,1	29,7
	jan	28,2	29,8	27,6	28,5	29,2	28,4	28,5	28,5	29,3	28,4
	fév	28,8	28,4	28,2	28,6	29,6	28,4	27,9	26,5	28,3	28,5
	mars	28,8	28,1	28,4	27,1	28,8	28,3	28,0	27,3	28,9	28,7
	avr	27,4	27,8	28,9	27,8	28,4	28,2	26,4	28,0	26,8	28,1
	mai	26,1	25,3	27,5	25,3	24,9	26,6	26,0	25,1	26,7	27,5
	juin	22,6	22,9	23,9	23,0	23,8	24,5	23,3	23,3	25,3	24,8
	juil	22,7	23,8	22,7	23,8	22,6	22,6	23,1	22,4	22,8	22,9
	août	23,7	22,7	23,6	24,2	22,8	24,0	23,8	23,9	24,1	23,2
Température moyenne (°C)	Sept	18,3	19,7	17,3	19,5	19,8	18,8	19,2	19,0	20,4	20,2
	Oct	21,2	20,8	20,7	21,5	21,8	20,2	20,8	20,7	21,2	21,7
	Nov	22,4	21,9	23,5	23,2	22,9	23,0	23,4	23,0	23,3	23,5
	Déc	24,1	24,6	23,9	23,7	23,7	24,6	23,9	24,2	23,6	24,5
	Janv	24,1	24,3	23,7	24,1	24,4	23,4	24,4	23,8	24,4	24,0
	Févr	24,0	23,9	23,6	23,7	24,8	23,7	23,9	22,8	23,3	24,0
	Mars	24,0	23,5	23,6	23,0	24,2	23,5	23,1	22,7	24,0	24,2
	Avr	22,3	22,5	23,6	22,2	22,9	22,6	21,7	22,7	22,2	22,6
	Mai	20,8	20,6	22,2	19,8	20,6	21,1	21,2	19,9	21,0	21,9
	Juin	18,1	18,1	18,3	17,7	18,8	19,1	17,9	18,3	19,5	20,0
	Juil	17,3	18,2	17,4	17,9	17,5	17,9	18,3	17,3	17,9	17,7
	Août	18,7	17,7	17,6	18,3	17,7	18,4	18,3	18,3	19,0	18,2

Source : Station météorologique nationale Ambohitsilaozana

Annexe 3 : Données pluviométriques durant la campagne de l'expérimentation 2010-2011

		Pluie (mm) CIMEL	Pluie (mm) Pluvio-terrain	Intensité des pluies (mm/h)
Novembre-2010	Première décade	0,0	0,0	-
	Deuxième décade	17,2	17,2	-
	Troisième décade	0,0	0,0	-
Décembre-2010	Première décade	0,0	0,0	-
	Deuxième décade	91,7	91,7	-
	Troisième décade	32,1	32,1	-
Janvier-2011	Première décade	0,0	0,0	-
	Deuxième décade	40,9	45,5	-
	Troisième décade	61,2	69,0	55
Février-2011	Première décade	41,5	41,3	25
	Deuxième décade	105,5	99,0	50
	Troisième décade	41,0	60,0	65
Mars-2011	Première décade	103,5	115,0	80
	Deuxième décade	17,5	16,0	35
	Troisième décade	40,5	20,5	25
Avril-2011	Première décade	6,5	6,5	5
	Deuxième décade	1,5	1,5	5
	Troisième décade	2,0	2,0	5
Mai-2011	Première décade	22,0	20,0	45
	Deuxième décade	-	-	-
	Troisième décade	-	-	-
TOTAL		624,6	637,3	

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

Source : Station automatique CIMEL ; Pluviomètre à lecture directe, Auteur, 2010-2011

Annexe 4 : Quantité et taux de couverture installée sur chacun des parcelles élémentaires (Expérimentation mulch-adventices)

BLOC 1				BLOC 2			
COUVERTURE				COUVERTURE			
Parcelle	Type	Taux (%)	Quantité (t/ha)	Parcelle	Type	Taux (%)	Quantité (t/ha)
1	No_mulch	0	0,0	17	MD	37	1,8
2	MD	97	13,8	18	No_mulch	0	0,0
3	S	32	1,5	19	MD	99	20,7
4	MD	55	3,2	20	S	14	0,6
5	S	62	3,8	21	S	99	17,3
6	MD	99	20,7	22	MD	68	4,6
7	No_mulch	0	0,0	23	MD	16	0,7
8	MD	16	0,7	24	MD	55	3,2
9	MD	90	9,2	25	MD	90	9,2
10	S	86	7,7	26	No_mulch	0	0,0
11	MD	37	1,8	27	MD	97	13,8
12	S	99	17,3	28	S	32	1,5
13	MD	68	4,6	29	S	86	7,7
14	S	49	2,7	30	S	49	2,7
15	S	95	11,6	31	S	95	11,6
16	S	14	0,6	32	S	62	3,8

BLOC 3				BLOC 4			
COUVERTURE				COUVERTURE			
Parcelle	Type	Taux (%)	Quantité (t/ha)	Parcelle	Type	Taux (%)	Quantité (t/ha)
33	MD	37	1,8	49	MD	90	9,2
34	No_mulch	0	0,0	50	S	14	0,6
35	MD	97	13,8	51	No_mulch	0	0,0
36	S	49	2,7	52	S	95	11,6
37	No_mulch	0	0,0	53	S	99	17,3
38	S	99	17,3	54	S	86	7,7
39	S	86	7,7	55	MD	99	20,7
40	MD	68	4,6	56	S	49	2,7
41	S	14	0,6	57	No_mulch	0	0,0
42	MD	55	3,2	58	MD	55	3,2
43	MD	99	20,7	59	MD	68	4,6
44	S	62	3,8	60	S	32	1,5
45	S	32	1,5	61	S	62	3,8
46	MD	90	9,2	62	MD	97	13,8
47	MD	16	0,7	63	MD	16	0,7
48	S	95	11,6	64	MD	37	1,8

MD: Maïs+dolique; S: Stylosanthes

Annexe 5: Liste des adventices émergées sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »

NOMS VERNACULAIRES	FAMILLE	NOMS SCIENTIFIQUES	TYPE
Anampatsy	Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i>	Dicotylédone
Ahitrakoho, Ahipotsy	Asteraceae	<i>Gnaphallium</i> spp.	Dicotylédone
Hanitrinimpatsaka, Ananjazavavy	Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Dicotylédone
Kelivoloina, Angamay	Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Dicotylédone
Tsimativonoina, Moravelona	Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i>	Dicotylédone
Ahidronono, Jean Robert	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hirta</i>	Dicotylédone
Tsindahory, Tsilaitran'ombilahy	Malvaceae	<i>Sida</i> spp.	Dicotylédone
Tsipipihana	Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Monocotylédone
Pikom-balala	Poaceae	<i>Digitaria</i> sp.	Monocotylédone
Fengalala	Rubiaceae	<i>Mitracarpus hirtus</i>	Dicotylédone
Antaka		<i>Dolichos lab lab</i>	Dicotylédone
Hanim-bitro		<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Dicotylédone

Annexe 6: Caractéristiques des plantes adventives les plus dominantes sur la parcelle d'expérimentation « mulch-adventices »

Amaranthus hybridus ou
Anampatsy



***Amaranthus* sp. – 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.

Racines : pivotantes très puissantes

Tiges : épaisses, parfois colorées.

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

Inflorescences : grandes, composées de très petites fleurs en grappes.

Reproduction : par graines, produites en très grand nombre

Autres caractéristiques : Indicatrices de sols relativement riches.

Attaque les *tanety* et les *baiboho*

Plantes peu nuisibles de manière générale

Contrôles : herbicides de pré-levées (atrazine, alachlore) ou post-levées (2-4D ou glyphosate) ; couverture végétale.

Eleusine indica ou *Tsipipihana*



***Eleusine indica* – Famille des Poaceae**

C'est une monocotylédone annuelle, herbacée de type C⁴. Elle atteint 10 à 50 cm de haut.

Racines : fasciculées, très puissantes, fibreuses.

Tiges : aplaties.

Feuilles : vert foncées de 7 à 30 cm de long.

Inflorescences : 2 à 7 ramifications en épis, disposés radialement.

Multiplication : par graines

Autres caractéristiques : fréquentes sur sols relativement riches surtout en azote.

Hôte secondaire des champignons (*Helminthosporium* spp., *Pyricularia oryzae*), de nématodes (*Meloïdogyne* spp., *Rotylenchus reniformis*), et de virus.

Présente sur tous les milieux.

Contrôles : submersion prolongée des rizières (rizières irriguées) ; herbicides de pré-levée (atrazine, diuron) ; utilisation de glyphosate si elle est déjà âgée.

Annexe 7: 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

STYLOSANTHES		Taux couv (%)	4-janv.	13-janv.	20-janv.	27-janv.	3-févr.	10-févr.	17-févr.	24-févr.	3-mars	10-mars	17-mars	24-mars
Adventices totaux	0	211 b	230 b	237 b	259 b	280 ab	284 ac	288 ab	298 ab	301 ab	305 ab	309 ab	310 ab	310 ab
	14	258 ab	295 ab	302 ab	318 ab	325 ab	327 abc	328 ab	332 ab	335 ab	338 ab	339 ab	339 ab	339 ab
	32	627 a	660 a	690 a	720 a	727 a	729 a	732 a	738 a	743 a	747 a	750 a	751 a	751 a
	49	213 b	283 ab	297 ab	335 ab	358 ab	366 abc	369 ab	375 ab	380 ab	385 ab	390 ab	390 ab	390 ab
	62	175 b	229 b	244 ab	286 ab	310 abc	330 abc	337 ab	344 ab	353 ab	359 ab	362 ab	363 ab	363 ab
	86	73 bc	95 bc	111 bc	118 bc	133 bcd	139 bcd	142 bc	147 bc	152 bc	154 bc	155 bc	155 bc	155 ab
	95	17 c	25 c	30 c	36 c	50 cd	57 cd	62 bc	69 bc	76 bc	79 bc	82 bc	83 bc	83 bc
	99	5 c	6 c	6 c	6 c	11 d	13 d	14 c	14 c	15 c	16 c	16 c	16 c	16 c
Monocoty-lédones	0	121 ab	125 ad	128 a	131 ab	134 ab	134 ab	134 ab	134 ab	135 ab	135 ab	135 ab	136 ab	136 ab
	14	181 ab	195 ad	199 a	207 ab	209 ab	210 ab	210 ab	210 ab	211 ab	211 ab	211 ab	212 ab	212 ab
	32	218 a	233 a	246 a	256 a	256 a	256 a	256 a	256 a	256 a	257 a	258 a	258 a	258 a
	49	70 abc	84 acd	89 ab	91 bc	92 bc	92 bc	92 bc	92 bc	93 bc	93 bc	94 bc	94 bc	94 bc
	62	72 abc	85 acd	89 ab	93 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc	94 bc
	86	39 bcd	47 bcd	53 bc	53 bc	55 bc	55 bc	55 bc	56 bc	56 bc	56 bc	57 bc	57 bc	57 b
	95	2 cd	5 bc	5 cd	6 cd	7 cd	7 cd	8 cd	8 cd	8 cd	8 cd	8 cd	8 cd	8 c
	99	0 d	1 b	1 d	1 d	1 d	2 d	2 d	2 d	2 d	2 d	2 d	2 d	2 c
Dicoty-lédones	0	90 ab	105 ab	110 ab	129 ab	147 ab	150 ab	154 ab	163 ab	166 ab	171 ab	173 ab	174 ab	174 ab
	14	77 ab	101 ab	103 ab	111 ab	116 ab	118 ab	118 ab	122 ab	125 ab	127 ab	128 ab	128 ab	128 ab
	32	409 a	427 a	444 a	465 a	471 a	473 a	476 a	481 a	486 a	490 a	492 a	493 a	493 a
	49	144 ab	200 ab	209 ab	244 ab	267 ab	274 ab	276 ab	283 ab	287 ab	291 ab	296 ab	297 ab	297 ab
	62	102 ab	144 ab	155 ab	193 ab	217 ab	236 ab	243 ab	250 ab	259 ab	265 ab	268 ab	269 ab	269 ab
	86	35 ab	48 ab	58 ab	65 ab	78 ab	84 ab	87 ab	91 ab	96 ab	98 ab	98 ab	99 ab	99 ab
	95	15 b	20 b	25 b	31 b	43 ab	50 ab	54 ab	61 ab	68 ab	71 ab	74 ab	75 ab	75 ab
	99	5 b	5 b	5 b	6 b	10 b	11 b	12 b	13 b	13 b	14 b	14 b	14 b	14 b

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

MAIS+DOLIQUE		Taux couv (%)	4-janv.	13-janv.	20-janv.	27-janv.	3-févr.	10-févr.	17-févr.	24-févr.	3-mars	10-mars	17-mars	24-mars
Adventices totaux	0	211 a	230 a	237 a	259 a	280 a	284 a	288 a	298 a	301 a	305 a	309 a	310 a	
	16	160 ab	199 ab	206 ab	223 ab	235 ab	241 ab	243 ab	246 ab	248 ab	251 ab	253 ab	253 ab	
	37	143 abc	179 ab	193 ab	208 ab	224 ab	230 ab	234 ab	242 ab	245 ab	248 ab	253 ab	253 ab	
	55	205 a	231 a	245 a	275 ab	295 ab	302 a	306 a	316 a	323 a	329 a	332 a	333 a	
	68	135 abc	162 abc	177 ab	199 abc	217 ab	222 ab	224 ab	228 ab	232 ab	236 ab	240 ab	241 ab	
	90	21 bc	29 bc	33 bc	38 bc	49 bc	55 bc	57 bc	63 bc	65 bc	67 bc	69 ab	70 ab	
	97	16 bc	22 bc	31 bc	77 abc	88 bc	100 abc	112 abc	125 abc	130 abc	133 abc	136 ab	138 ab	
	99	10 c	11 c	17 c	22 c	27 c	33 c	36 c	38 c	39 c	42 c	45 b	46 b	
Monocoty- lédones	0	121 a	125 a	128 a	131 a	134 a	134 a	134 a	134 a	135 a	135 a	135 a	136 a	
	16	121 a	128 a	132 a	135 a	138 a	138 a	138 a	138 a	138 a	139 a	139 a	139 ab	
	37	86 ab	95 ab	100 ab	104 ab	107 ab	109 ab	109 ab	109 ab	110 ab	110 ab	111 ab	111 ab	
	55	132 a	143 a	151 a	159 a	161 a	161 a	162 a	162 a	162 a	162 a	163 a	163 a	
	68	83 ab	95 ab	101 ab	107 ab	110 ab	111 ab	111 ab	111 ab	111 ab	111 ab	112 ab	112 ab	
	90	9 bc	12 bc	13 bc	13 bc	14 bc	15 bc	15 bc	15 bc	15 bc	15 bc	16 bc	17 b	
	97	6 bc	7 bc	7 bc	7 bc	8 bc	8 bc	9 bc	9 bc	9 bc	9 bc	9 bc	9 bc	
	99	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	1 c	
Dicoty- lédones	0	90 a	105 a	110 a	129 a	147 a	150 a	154 a	163 a	166 a	171 a	173 a	174 a	
	16	39 ab	71 ab	75 ab	87 a	98 a	103 a	105 a	108 a	110 a	113 a	114 a	115 a	
	37	58 ab	84 ab	93 ab	103 a	117 a	121 a	125 a	133 a	135 a	138 a	142 a	143 a	
	55	73 ab	88 ab	94 ab	115 a	134 a	141 a	144 a	154 a	161 a	167 a	169 a	171 a	
	68	52 ab	67 ab	76 ab	92 a	107 a	111 a	114 a	117 a	122 a	124 a	129 a	129 a	
	90	12 b	17 ab	21 ab	25 a	36 a	40 a	43 a	48 a	51 a	53 a	53 a	53 a	
	97	10 b	16 b	24 ab	70 a	81 a	92 a	103 a	116 a	121 a	124 a	128 a	129 a	
	99	10 b	10 b	17 b	22 a	26 a	32 a	35 a	36 a	38 a	40 a	43 a	45 a	

Annexe 8 : Tableau de synthèse des résultats de l'effet de paillis sur la quantité des adventices émergées: cas des adventices totaux et cas des amarantes

		0	14	32	49	62	86	95	99
Paillage de stylosanthes	Nb amarantes	52,5 a	29,25 ab	40 ab	14,75 ab	36,25 ab	11,5 ab	8,75 ab	1,25 b
	Pds amarantes (g)	0,39 a	0,20 a	0,56 a	0,33 a	0,54 a	0,23 a	0,30 a	0,08 a
	Pds BM adventices (g)	3,16 a	1,68 a	1,71 a	2,16 a	1,71 a	2,53 a	2,35 a	1,63 a
		0	16	37	55	68	90	97	99
Paillage de maïs+dolique	Nb amarantes	52,5 a	27,75 ab	41,75 ab	14,5 ab	25,75 ab	8 ab	12,5 ab	3,75 b
	Pds amarantes (g)	0,39 a	0,24 a	0,41 a	0,22 a	0,26 a	0,29 a	0,32 a	0,24 a
	Pds BM adventices (g)	3,16 a	1,56 a	1,67 a	2,06 a	2,25 a	1,93 a	2,32 a	1,81 a

Annexe 9 : Synthèse des résultats de ruissellement, pertes en terres et turbidité avec les taux de couverture et les taux de surface encroûtée sur un site d'expérimentation au Lac Alaotra durant la période pluvieuse 2010-2011

Tableau de comparaison des moyennes de différents traitements et pentes

	TRAITEMENTS ET PENTES						
	LB R-F	Lb R-f	SCV R-F	SCV R-f	SCV M+D-F	SCV M+D-f	
Ruissellement (mm)	39,21 c	13,23 b	11,90 b	9,19 b	7,06 ab	5,07 a	
Pertes en terres (Mg.ha ⁻¹)	2,35 c	1,06 b	0,55 a	0,43 a	0,28 a	0,25 a	
Pertes en N (Kg.ha ⁻¹)	3,20 c	3,52 c	0,75 a	1,44 b	0,38 a	0,83 a	
Pertes en P (Kg.ha ⁻¹)	17,20 c	7,36 b	4,03 a	2,99 a	2,02 a	1,73 a	
Pertes en K (Kg.ha ⁻¹)	1,09 c	0,47 b	0,26 a	0,19 a	0,13 a	0,11 a	
CO érodé (Kg.ha ⁻¹)	74,93 c	28,10 b	17,60 a	11,50 a	8,90 a	6,60 a	
Taux de couverture (%)	5,33	4,67	61,67	79,00	92,67	93,67	
Surface encroûtée (%)	20,00	7,33	3,00	4,67	1,00	0,67	

ClicCours.com

RESUME

Cette étude vise à l'évaluation des effets du mulch sur le contrôle de l'érosion hydrique et sur la maîtrise de l'émergence des adventices. Elle a été menée sur deux dispositifs expérimentaux au Lac Alaotra sous pluies naturelles. Le premier dispositif permet de mesurer le ruissellement, les pertes en terre et en éléments, sur deux pentes différentes comportant chacun un traitement labouré en riz pluvial (Lb R), un traitement paillé en riz pluvial (SCV R) et un traitement paillé avec une association maïs et dolique (SCV M+D). 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 que par rapport aux systèmes conventionnels de labour, sous systèmes SCV, il y a une diminution du taux de ruissellement trois fois inférieure, et une réduction de pertes en terres et en éléments deux à quatre fois inférieure. Les écarts sur la quantité des éléments érodés sont doublés quand le niveau de pente passe de 6 % à 23 %. Quant à l'émergence des adventices, la différence entre les taux de couverture n'est observée qu'à partir d'un taux de 99 %. Par rapport à un sol nu, elle est respectivement vingt fois et dix fois inférieure sur des parcelles couvertes à 99 % de stylosanthes et à 99 % de maïs+dolique. En somme, la présence de la couverture végétale a un effet positif pour contrôler l'érosion hydrique, mais il n'est effectif pour maîtriser l'émergence des adventices qu'avec une couverture quasi-totale du sol, de l'ordre de 99 %, dans le cas d'une saison pluvieuse fortement déficitaire.

Mots-clés : Erosion hydrique, Adventices, Mulch, Systèmes en semis direct sous couverture végétale permanente, systèmes conventionnelles de labour, pente, Lac Alaotra.

ABSTRACT

This work allows the evaluation of the impact of the mulch to control water erosion and to control the emergence of weeds in the lake Alaotra region. With the first experiment, three cultivated treatments on each two different slopes were used to measure runoff and soil loss. This three cultivated treatments are: system ploughed with rainfed rice or Lb R; direct seeding mulch-based cropping systems of rainfed rice or SCV R; direct seeding mulch-based cropping systems of an association maize and *dolichos* or SCV M+D. The results show that runoff is divided by three on mulch treatments compared to ploughed system, and soil losses are divided by two to four on systems SCV compared to ploughed system. These differences are more important when the level of slope increase. 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 99 %. Then, emergence of weeds is reduced by 90 to 95 % compared with a naked ground. Finally, this research shows the positive effect of mulch to control water erosion; but in case of a few rainy season, it is effective to reduce emergence of weeds only with a quasi total cover of the ground.

Key-words: Water erosion, Weeds, Mulch, direct seeding mulch-based cropping systems, conventional tillage practices, slope, Lake Alaotra.