



**ATHENEE SAINT JOSEPH ANTSIRABE
(A.S.J.A.)**

Université Privée à Vocation Professionnalisante

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

En

**Filière : SCIENCES AGRONOMIQUES
Spécialité : Agronomie**

Présenté par : Etienne Harding RAHERININDRAINNY

**« SYSTÈME DE CULTURE SOUS COUVERTURE
VEGETALE PERMANENTE : PROFIL RACINAIRE DES PLANTES DE
COUVERTURE ET SUIVI DE LA DEGRADATION DES RESIDUS DES
DIFFERENTS SYSTEMES DE CULTURE SOUS COUVERTURE
VEGETALE SELON LE MODE DE GESTION DU SOL »**

Soutenu le 29 Novembre 2007

Devant les membres de jury composés de :

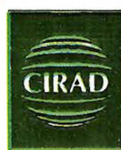
Président : Père Giuseppe CUOMO MARIO

**Rapporteurs : M^{me} Jacqueline RAKOTOARISOA, Ingénieur Agronome
M^{me} Sahondra ANDRIAMALAZA, Docteur en Agro-pédologie**

**Examineurs : M^{me} Julie DUSSERRE, Docteur en Ecophysiologie
M^r Damien RALAIVAOHITA, Ingénieur Agro-économiste**



**URP/SCRiD
SRR FOFIFA
Antsirabe 110
BP. 230**



**Athénée Saint Joseph
BP 287, Antsirabe 110
E-mail : asia@dts.mg
Téléphone : 44 483 19/20**



**ATHENEE SAINT JOSEPH ANTSIRABE
(A.S.J.A.)**

Université Privée à Vocation Professionnalisante

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

En

Filière : SCIENCES AGRONOMIQUES
Spécialité : Agronomie

Présenté par : Étienne Harding RAHERININDRAINY

« SYSTEME DE CULTURE SOUS COUVERTURE
VEGETALE PERMANENTE : PROFIL RACINAIRE DES
PLANTES DE COUVERTURE ET SUIVI DE LA
DEGRADATION DES RESIDUS DES DIFFERENTS
SYSTEMES DE CULTURE Sous COUVERTURE VEGETALE
SELON LE MODE DE GESTION DU SOL »

Soutenu le 29 Novembre 2007

Devant les membres de jury composés de :

Président : Père Giuseppe CUOMO MARIO
Rapporteurs : M^{me} Jacqueline RAKOTOARISOA, Ingénieur Agronome
M^{me} Sahondra ANDRIAMALAZA, Docteur en Agro-pédologie
Examineurs : M^{me} Julie DUSSERE, Docteur en Ecophysiologie
M^r Damien RALAIVAOHITA, Ingénieur Agro-économiste



URP/SCRiD
SRR FOFIFA
Antsirabe 110
BP. 230



Athénée Saint Joseph
BP 287, Antsirabe 110
E-mail : asia@dis.mg
Téléphone : 44 483 19/20

RESUME

Cette étude s'est déroulée dans la région du Vakinankaratra, plus précisément au sein du dispositif central de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra, dans le cadre de programme de cette unité de recherche à savoir : « la détermination des mécanismes et les conditions de transformation du milieu biophysique par les systèmes S.C.V. ».

Dans cette étude, face au problème qui se trouve au sein de ce dispositif, à la concentration en profondeur de l'azote hors des zones racinaires des plantes cultivées, trois principaux éléments ont été étudiés : d'abord, la densité racinaire et la profondeur d'enracinement des plantes de couverture (brachiaria et maïs), ensuite, la dégradation des résidus ou biomasse aérienne de ces plantes, et enfin, l'analyse ultérieurement de la teneur en azote et carbone de ces biomasses après décomposition.

D'après les résultats obtenus, la densité racinaire est plus élevée en R3 (maïs/brachiaria) qu'en R4 (maïs/soja) vu le même système (semis direct), de même l'enracinement est plus profond du fait des caractéristiques du brachiaria. En plus, la décomposition des biomasses se fait plus rapide en R3 qu'en R4, où le brachiaria joue un rôle très important sur le recyclage des éléments nutritifs en profondeur, d'où en R3 d'après les résultats d'analyses il y a plus d'azote qu'en R4. Enfin, la vitesse de dégradation est plus rapide sur le système labour, où les liter-bags sont enfouis dans le sol par rapport au système de culture sous couverture végétale.

Mots clés : Andranomanelatra, densité racinaire, dégradation, liter-bag, biomasse.

Remerciements

A travers ces quelques lignes, nous adressons nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en Sciences agronomiques, notamment à :

✓ **Dieu**, de sa bénédiction, qui veille sur nous tout le temps et nous a donné la santé, la force et le courage durant la réalisation de ce travail ;

✓ **Père Giuseppe CUOMO MARIO**, Directeur Général et Fondateur de l'Athénée Saint Joseph d'Ansirabe (A.S.J.A.), Université à vocation professionnalisante, qui m'a fait honneur de présider le jury de cette soutenance et pour ses efforts, d'aider les jeunes pour leur vie future ;

✓ **Madame le Professeur Laurence RALAMBORANTO**, Recteur de l'Athénée Saint Joseph Antsirabe (A.S.J.A.), pour ses pertinentes directives et ses précieux conseils tout au long de nos études ;

✓ **Madame le Docteur Julie DUSSERE**, Ingénieur écophysiologiste, Chercheur du CIRAD, qui m'a fait honneur en tant que membre de jury, d'avoir accepté d'examiner ce travail en dépit des autres obligations qu'elle a à assumer ;

✓ **Monsieur Damien RALAIVAOHITA**, Ingénieur agro-économiste, Enseignant à l'A.S.J.A. qui m'a fait honneur en tant que membre de jury, en acceptant d'examiner ce travail, vos remarques et vos suggestions seront appréciées pour améliorer notre travail et compléter nos connaissances ;

✓ **Madame Jacqueline RAKOTOARISOA**, Ingénieur agronome, Coordonnateur de l'URP/SCRiD, qui a bien voulu m'accepter comme stagiaire et a fait part de ses conseils techniques importants pour mener à bien ce travail, sans qui ce mémoire n'aurait pas pu être réalisé ;

✓ **Madame le Docteur Sahondra ANDRIAMALAZA**, Ingénieur agro-pédologue, Enseignante à l'ASJA, qui a bien voulu m'encadrer pédagogiquement pendant ce stage et m'a octroyé tous les conseils nécessaires pour que ce dernier soit mené à bien, et m'a orienté au cours de la réalisation de ce mémoire par ses critiques constructives ;

✓ *Monsieur Joseph Léon RAHERIMANDEMBY, Ingénieur en chef d'agriculture, Chef de Département ou Doyen de la filière Sciences Agricoles et Enseignant à l'A.S.JA, qui m'a fait comme tous les autres étudiants, bénéficier de ses expériences tout au long de la formation au sein du département ;*

✓ *Nos vifs remerciements s'adressent aussi :*

▪ *à tous les Enseignants à l'A.S.J.A. qui m'ont supporté durant les cinq ans de formation ;*

▪ *aux Personnels et Techniciens de l'URP/SCRiD, en particulier ceux d'Andranomanelatra qui ont été impliqués dans la réalisation de mon travail ;*

▪ *et à Ma famille qui m'a aidé financièrement et soutenu moralement lors de mes études et mon stage ;*

✓ *Enfin, je ne vous ai pas oublié, vous, mes camarades de classe qui m'ont aidé à pratiquer et à collaborer avec moi. Je vous remercie aussi tous, mesdames, mesdemoiselles et messieurs pour votre présence à cette séance de présentation de ce mémoire.*

A toutes et à tous encore une fois MERCI.

Que Dieu vous bénisse

TABLE DES MATIERES

<i>Résumé</i>	i
<i>Remerciements</i>	ii
<i>Liste des tableaux</i>	viii
<i>Liste des graphes</i>	viii
<i>Liste des courbes</i>	ix
<i>Liste des cartes</i>	ix
<i>Liste des photos</i>	ix
<i>Liste des schémas</i>	ix
<i>Liste des figures</i>	x
<i>Liste des annexes</i>	x
<i>Table des sigles et abréviations</i>	xi
<i>Table des symboles et unités</i>	xiii
<i>Glossaire</i>	xv

INTRODUCTION	1
---------------------------	---

PREMIERE PARTIE : Généralités, donnant un aperçu général sur le Semis direct sous Couverture Végétale permanente du sol (S.C.V.), sur les études racinaires et la dégradation des résidus de récolte

Chapitre premier : Aperçu général sur le Semis direct sous Couverture Végétale permanente du sol (S.C.V.)	3
1.1. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol (S.C.V.)	3
1.1.1. Historique et définition	3
1.1.2. Fonctionnement, principes et techniques de base	7
1.1.3. Effets du semis direct sous couverture végétale permanente du sol	10
1.2. Atouts, inconvénients et contraintes du semis direct sous couverture végétale permanente du sol	11
1.2.1. Les atouts	11
1.2.2. Les inconvénients	12
1.2.3. Les contraintes	12
1.3. Effets du labour	14
1.3.1. Effets du travail de sol sur les propriétés physiques du sol	14
1.3.2. Effets du travail de sol sur les caractéristiques chimiques du sol	14
1.3.3. Evolution de propriétés biologiques	15

Chapitre II : Généralité sur les racines et l'étude du profil racinaire	16
2.1. Les racines	16
2.1.1. Définition et rôles.....	16
2.1.2. Fonctionnement.....	16
2.1.3. Structure de la racine.....	17
2.2. Caractéristiques de la racine, dynamique et importance de la biomasse racinaire	19
2.2.1. Caractéristiques de la racine.....	19
2.2.2. Dynamique du système racinaire des cultures considérées.....	20
2.2.3. Importance de la biomasse racinaire.....	24
2.3. Etude du profil racinaire	25
2.3.1. Historique.....	25
2.3.2. Approche expérimentale.....	25
2.3.3. Méthode adoptée.....	26
Chapitre III : Processus de dégradation des résidus de récolte	27
3.1. Décomposition des matières organiques jeunes ou minéralisation primaire M1	27
3.1.1. Phase de prolifération.....	27
3.1.2. Phase de décroissance microbienne.....	27
3.2. Humification	28
3.2.1. Définition.....	28
3.2.2. Processus.....	28
3.2.3. Classification de l'humus.....	30
3.3. L'azote	31
3.3.1. Source, importance et formes de l'azote.....	31
3.3.2. Le cycle de l'azote.....	34
3.3.3. Mécanisme de l'absorption de l'azote.....	37

DEUXIEME PARTIE : Cadre de l'étude, matériels et méthodes

Chapitre premier : Cadre de l'étude	38
1.1. Présentation de la zone d'étude	38
1.1.1. Localisation.....	38
1.1.2. Milieu physique.....	38
1.1.3. Secteur agricole.....	42

1.2. Problématique, objectifs et hypothèses	45
1.2.1. Problématique	45
1.2.2. Objectifs	45
1.2.3. Hypothèse	46
1.3. Contexte institutionnel de l'étude	46
1.3.1. URP/SCRiD	47
1.3.2. G.S.D.M.	48
1.3.3. Dispositifs expérimentaux de la matrice de l'URP/SCRiD	48
Chapitre II : Matériels utilisés	53
2.1. Matériels biologiques	53
2.1.1. Les graminées	53
2.1.2. Les légumineuses	53
2.2. Equipements pour la réalisation de l'étude	54
2.2.1. Prélèvements d'échantillons de sol	54
2.2.2. Observation des profils racinaires	54
2.2.3. Pour la méthode des liter-bags	54
Chapitre III : Méthodologie adoptée	55
3.1. Méthode d'observation des profils pédologiques et profils racinaires	55
3.1.1. Méthode d'observation des profils pédologiques	55
3.1.2. Méthode d'observations des profils racinaires	56
3.1.3. Mode de calcul pour l'observation des profils racinaires	58
3.2. Dégradation des résidus par la méthode des liter-bags	61
3.2.1. Quantification de la biomasse de résidus couvrant chaque parcelle	61
3.2.2. Préparation, remplissage et mise en place des liter-bags	61
3.2.3. Prélèvement et traitement des liter-bags après prélèvement	62
3.3. Méthode d'analyse de la teneur en azote et en carbone des résidus	63
3.3.1. Détermination de la teneur en azote des résidus	63
3.3.2. Détermination de la teneur en carbone des résidus	64

TROISIEME PARTIE : Résultats et interprétations

Chapitre premier : Résultats de l'étude des profils pédologiques et profils racinaires ...	66
1.1. Profils pédologiques	66
1.1.1. R4 SD FM.....	66
1.1.2. R4 Lab FM.....	69
1.1.3. R3 SD FM.....	72
1.2. Profils racinaires	75
1.2.1. R4 SD FM.....	76
1.2.2. R4 Lab FM.....	78
1.2.3. R3 SD FM.....	80
1.3. Relation entre les résultats des profils racinaires et propriété physique du sol	85
Chapitre II : Résultats du suivi de la dégradation des résidus	86
2.1. Résultats à chaque prélèvement	86
2.2 Interprétation de ces résultats des prélèvements	88
Chapitre III : Résultats de la teneur en azote et carbone des résidus	90
3.1. Teneur en azote et carbone des résidus.....	90
3.2. Relation du profil racinaire et teneur en azote des résidus.....	91
CONCLUSION.....	93
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	94

ANNEXES

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	: Les superficies cultivées en semis direct dans le monde (1998)	4
Tableau 2	: Surface (en ha) des S.C.V. par région agro-écologique de Madagascar en Mars 2006	6
Tableau 3	: Evolution du nombre des surfaces (en are) autour des sites références ou sur les terroirs villageois dans le Vakinankaratra	7
Tableau 4	: Valeurs de la densité apparente.....	59
Tableau 5	: Appréciation de la densité des sols	60
Tableau 6	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A12 R4 SD FM.....	66
Tableau 7	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B16 R4 SD FM.....	67
Tableau 8	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A16 R4 Lab FM.....	69
Tableau 9	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B21 R4 Lab FM.....	70
Tableau 10	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A19 R3 SD FM.....	72
Tableau 11	: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B19 R3 SD FM.....	73
Tableau 12	: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R4 SD FM.....	76
Tableau 13	: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R4 Lab FM.....	78
Tableau 14	: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R3 SD FM.....	80
Tableau 15	: Tableau de synthèse pour ces trois modes de gestion de sol.....	82
Tableau 16	: Résultats de la dégradation des résidus, prélèvement du 18/05/2007, 18/06/2007 et 28/09/2007	87
Tableau 17	: Taux de dégradation des résidus par système.....	88
Tableau 18	: Teneur en Carbone et en azote des résidus après récolte	90

LISTE DES GRAPHES

Graphe 1	: Graphe de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha pour le mode de gestion R4 SD FM.....	77
Graphe 2	: Graphe de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha pour le mode de gestion R4 Lab FM.....	79
Graphe 3	: Graphe de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha pour le mode de gestion R3 SD FM.....	81
Graphe 4	: Moyenne de la densité racinaire par masse du sol en g/ha pour les trois modes de gestion de sol : R4 SD FM, R4 Lab FM et R3 SD FM.....	90

LISTE DES COURBES

Courbe 1	: Courbe ombrothermique de la commune rurale d'Andranomanelatra, campagne 2006-2007.....	40
Courbe 2	: Courbe de l'évolution de la dégradation des résidus par système.....	88

LISTE DES CARTES

Carte 1	: Localisation de la commune rurale d'Andranomanelatra.....	43
Carte 2	: Topographie de la commune rurale d'Andranomanelatra.....	44

LISTE DES PHOTOS

Photo 1	: Soja sur couverture morte d'avoine sur les Hauts Plateaux.....	9
Photo 1	: Riz sur paillage de bozaka (aristida sp) à Lac Alaotra.....	9
Photo 3	: Maïs sur couverture vive de trèfle sur les Hauts Plateaux	9
Photo 4	: Système racinaire de <i>Brachiaria ruziziensis</i> dans les Hauts Plateaux	24
Photo 5	: Examen du profil pédologique	56
Photo 2	: Cartographie d'impacts racinaires de maïs/soja sur un profil du sol à l'aide de d'une grille de 40 cm x 20 cm.....	58
Photo 3	: Cartographie d'impacts racinaires de maïs/brachiaria en profondeur sur un profil du sol à l'aide d'une grille de 40 cm x 20 cm.....	58
Photo 8	: Profil pédologique du mode de gestion A12 R4 SD FM	68
Photo 9	: Profil pédologique du mode de gestion A16 R4 Lab FM	71
Photo 10	: Profil pédologique du mode de gestion A19 R3 SD FM	74

LISTE DES SCHEMAS

Schéma 1	: Fonctionnement d'un écosystème forestier.....	8
Schéma 2	: Fonctionnement des plantes de couverture	10
Schéma 3	: Structure primaire de la racine	17
Schéma 4	: Grain de paddy germant, au 7 ^{ème} jour	18
Schéma 5	: Racine et tige du maïs	19
Schéma 6	: Système racinaire du riz.....	22
Schéma 7	: Système racinaire du soja.....	23
Schéma 8	: Etape de l'évolution des matières organiques dans le sol	29
Schéma 9	: Les cinq (5) destination des matières minérales sous forme d'ions après la phase de décroissance microbienne.....	32

Schéma 9 : Les cinq (5) destination des matières minérales sous forme d'ions après la phase de décroissance microbienne.....	32
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Décomposition de la matière organique fraîche : humification et minéralisation	30
Figure 2 : Cycle de l'azote dans le sol sous l'action de bactéries.....	35
Figure 3 : Les deux plans d'observation du profil racinaire à 3 et à 10 cm du ras des poquets	57
Figure 4 : Figure de la surface étudiée pour l'observation des profils racinaires	59

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE I : Matériels pour l'analyse ultérieurement de la teneur en azote et en carbone organique des résidus.....	I
ANNEXE II : Réactifs pour la détermination de la teneur en azote et en carbone organique des résidus	II
ANNEXE III : Campagne 2006-2007, tableau de la pluviométrie et la température de la commune rurale d'Andranomanelatra.....	III
ANNEXE IV : Moyenne de 5 ans depuis 2003, tableau de la pluviométrie, la température et Courbe ombrothermique de la commune rurale d'Andranomanelatra.....	IV
ANNEXE V : Les tableaux des résultats d'impact racinaire des plantes de couverture parparcelle	V
ANNEXE VI : Les tableaux des résultats du taux de la dégradation des résidus à chaque prélèvement :	XI
ANNEXE VII : FICHE D'OBSERVATION DE PROFIL PEDOLOGIQUE.....	XIV

TABLE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

A.F.D.	: Agence Française pour le Développement
A.N.A.E.	: Association Nationale d'Actions Environnementales
A.S.J.A.	: Athénée Saint Joseph Antsiabe
B.R.L.	: Bas Rhône Languedoc
C.A.H.	: Complexe Argilo- Humique
CENRADERU	: CEntre National de Recherche Appliquée au DEveloppement RUral
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
E.N.S.A.T.	: Ecole Nationale Supérieure en Agronomie de Toulouse
E.S.S.A.	: Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
F.A.O.	: Food and Agricultural Organization
FAFIALA	: Fanapariahana ny Fikarohana momba ny Ala sy ny ala vadim-boly
FIFAMANOR	: Fiompiana Fambolena Malagasy Norveziana
FITAMIA	: Fikambanan'ny Tantsaha Miavotra eto Antsapanimahazo
FOFIFA	: Foibem-pirenena momba ny Fikarohana ampiharina amin'ny Fampandrosoana ny Ambanivohitra
G.S.D.M.	: Groupement Semis Direct de Madagascar
GRET	: Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
I.N.R.A.	: Institut National de la Recherche Agronomique
I.S.P.M	: Institut Supérieur Polytechnique de Madagascar
I.T.C.F.	: Institut Technique des Céréales et des Fourrages
KOBAMA	: Koba Malagasy
L.B.	: Liter-bag
Lab.	: Labour
M.A.E.P.	: Ministère d'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche
ONG TAFA	: Organisation Non Gouvernementale Tany sy Fampandrosoana
P.C.D	: Plan Communal de Développement
P.D.R	: Programme de Développement Régional
P.S.O.	: Projet Sud-Ouest
PCP/SCRiD	: Pôle de Compétence en Partenariat sur les « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables
S.C.V.	: Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol
S.D.	: Semis direct

- SE** : Solution émulsionnable
- U.P.D.R.** : Unité de Politique de Développement Rural
- U.S.A.** : United States of America
- URP/SCRiD** : Unité de Recherche en Partenariat, Systèmes de Culture et Rizicultures Durables

TABLE DES SYMBOLES ET DES UNITES

SYMBOLES ET FORMULES CHIMIQUES

(HNO)₂	: Acide hypo-nitreux
(NH₄)₂SO₄	: Sulfate d'ammonium
©	: Copyritht
C	: Carbone
Ca²⁺	: Ion calcique
CO₂	: Dioxyde de carbone (Gaz carbonique)
CuSO₄	: Sulfate de cuivre
FeSO₄	: Sulfate ferreux
H	: Hydrogène
H⁺	: Ion hydrogène
H₂O	: Eau
H₂SO₄	: Acide sulfurique
H₃BO₃	: Acide borique
HNO₂	: Acide nitreux
HNO₃	: Acide nitrique
K	: Potassium
K⁺	: Ion potassique
K₂Cr₂O₇	: Bichromate de potassium
K₂SO₄	: Sulfate de potassium
Mg	: Magnésium
Mg²⁺	: Ion magnésium
N	: Azote
N₂	: Azote moléculaire
NH₂⁺	: Composés aminés (<i>R. Doucet, 1997</i>)
NH₂OH	: Hydroxylamine
NH₄⁺	: Ion ammonium
NH₄OH	: Ammoniaque (liquide)
NO₂⁻	: Ion nitrite
NO₃⁻	: Ion nitrique
NOH	: Nitroxyde
P	: Phosphore

pH	: Potentiel d'Hydrogène
PO₄³⁻	: Ion phosphates
SO₄²⁻	: Ion sulfates
TM	: Marque

UNITES DE MESURE

%	: Pour cent
°C	: Degré Celsius
cm	: Centimètre
cm²	: Centimètre carré
cm³	: Centimètre cube
g	: Gramme
h	: Heure
ha	: Hectare
j	: Jour
Kcal	: Kilocalorie
kg	: Kilogramme
km	: Kilomètre
km²	: Kilomètre carré
l	: Litre
m	: Mètre
m²	: Mètre carré
mg	: Milligramme
ml	: Millilitre
mm	: Millimètre
n°	: Numéro
t	: Tonne

GLOSSAIRE

Allélopathie : Ensemble des phénomènes qui sont dûs à l'émission ou à la libération de substances organiques par divers organes végétaux, vivants ou morts. Ces phénomènes sont manifestés par l'inhibition ou la stimulation de la croissance des plantes se développant au voisinage de ces espèces ou leur succédant sur le même terrain. (Caussanel, 1975), in *RAVELOJAONA, 2006*

Anastomose : Une anastomose est une connexion entre deux structures, organes ou espaces (<http://www.google.com/anastomose>)

Géochimie : Application des principes et de technologies de la chimie aux études géologiques, dans le but de comprendre comment les éléments chimiques sont distribués dans la croûte, le manteau et le noyau de la terre. (*Microsoft Encarta, 2005*)

Métamorphisation : Le métamorphisme peut se définir comme une transformation d'une roche à l'état solide, du fait d'une élévation de température et/ou de pression avec cristallisation des nouveaux minéraux dits néoformés et acquisition de texture et de structure particulière, sous l'influence de conditions physiques et chimiques différents de celles ayant présidé à la formation de la roche originale.

Rhizosphère : Région du sol directement formée et influencée par les racines et les micro-organismes associés. C'est un lieu d'intenses échanges entre le végétal et le substrat minéral, qui peut être affecté par le tassement du sol, sa salinisation, son eutrophisation ou la pollution, ou encore par des phénomènes d'aridification. La rhizosphère est riche en micro-organismes, et notamment en bactéries et champignons microscopiques qui se nourrissent des cellules et de substances rejetées par la plante dans un processus appelé **rhizodéposition**, incluant une grande quantité de protéines, sucres et autres sécrétions racinaires.

(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Rhizosphère>)

INTRODUCTION

L'agriculture tient une place très importante dans la vie économique malgache. En effet, ce secteur concerne 80% de la population active et contribue pour 33% à la formation du Produit Intérieur Brute (P.I.B.) (T. RAZAFIMBELO, 2005). Parlant de cette agriculture, elle peut se définir comme « l'art d'obtenir du sol le maximum des produits utiles, compatibles avec le maintien de sa fertilité et dans les conditions économiques favorables ». Face à ceci, à Madagascar, une contrainte majeure à l'agriculture est la baisse de la fertilité du sol, cela pourrait être due au lessivage des éléments vers la profondeur. Or l'utilisation des engrais chimiques est limitée par leur coût élevé par rapport à la disponibilité des paysans malgaches. Par ailleurs, les Hauts-Plateaux de l'île, zone à énorme potentialité (physique et humaine) sont caractérisés par une forte pluviométrie en saison pluvieuse et une topographie accidentée qui favorisent l'érosion du sol entraînant la dégradation de cette ressource de base. D'où l'importance du système de culture : semis direct sous couverture végétale permanente du sol (S.C.V.).

Les SCV, reconnus pour leur rôle, entre autre dans la restauration de la fertilité du sol, sa protection contre le ruissellement érosif, l'évapotranspiration et la formation d'une croûte de battance se révèlent être non seulement efficaces pour contrôler l'érosion des sols et diminuer les coûts de production, mais ils permettent aussi une meilleure valorisation de l'ensemble des ressources disponibles sur un pas de temps annuel. En outre, les SCV améliorent les caractéristiques physiques du sol en diminuant des risques de tassement et de compaction du sol (M. GOUDET, 2003), ils favorisent ainsi la pénétration des racines en profondeur.

Au sein du dispositif de l'Unité de Recherche en Partenariat sur les Systèmes de Culture et Rizicultures Durables (URP/SCRiD) à Andranomanelatra, où le stage s'est effectué, deux systèmes de culture se distinguant par la nature des plantes de couverture : maïs+brachiaria, dénommé R3 et maïs+soja, appelé R4 ont été étudiés. Le système R4 est conduit en labour et en S.C.V., tandis que R3, est en S.C.V., seulement. L'étude que nous avons entreprise, consiste :

➤ D'une part, à observer le profil racinaire de ces 2 types de plantes de couverture, dans le but d'évaluer la faculté de ces plantes de couverture de recycler les éléments minéraux, d'abord, en les puisant en profondeur et partant de réduire ainsi, les pertes d'azote par drainage et lessivage, susceptible de polluer la nappe phréatique en nitrate, ensuite, en les ramenant à travers leurs résidus, en surface pour les rendre plus disponibles à la plante cultivée suivante, afin d'optimiser sa nutrition azotée

➤ et d'autre part, à suivre la dégradation de leurs résidus, à la fin du cycle cultural, en vue d'estimer la quantité d'azote pouvant être fournie par les résidus en dégradation.

Ainsi, ce mémoire s'intitule « LES SYSTEMES DE CULTURE SOUS COUVERTURE VEGETALE PERMANENTE : PROFIL RACINAIRE DES PLANTES DE COUVERTURE ET SUIVI DE LA DEGRADATION DES RESIDUS SELON LEUR MODE DE GESTION DU SOL »,.

Cet ouvrage est subdivisé en trois grandes parties bien distinctes:

- ✦ Première partie : Généralités, donnant un aperçu général sur le Semis direct sous Couverture Végétale permanente du sol (S.C.V.), sur les études racinaires et sur la dégradation des résidus de récolte ;
- ✦ Deuxième partie : Cadre de l'étude, matériels et méthodes ;
- ✦ Troisième partie : Résultats et interprétations.

PREMIERE PARTIE :

Généralité, donnant un aperçu général sur le semis direct sous couverture végétale permanente du sol (S.C.V.), sur les études racinaires et la dégradation des résidus de récolte

Chapitre premier : Aperçu général sur le Semis direct sous Couverture Végétale permanente du sol (S.C.V.)

1.1. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol (S.C.V.)

1.1.1. Historique et définition

1.1.1.1. Historique

A. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol (S.C.V.) dans le monde

Au début de l'histoire de l'agriculture, le principe de semis direct est utilisé depuis des temps anciens pour les cultures traditionnelles. Les agriculteurs de l'Égypte ancienne et les Incas des Andes d'Amérique du Sud cultivaient sur un abattis sans brûlis, en employant un bâton pour faire un simple trou dans le sol, où la graine était placée à la main et recouverte au pied (A.F.D., 2006). Cette technique s'apercevrait dans le tropique humide, et notamment dans les pays de l'Amérique Centrale, le topado (en espagnol) ou « slash and mulch » (en anglais) (T. RAZAFIMBELO, 2005).

Les pratiques agricoles, par le labour, les pulvérisations répétées de sols, la pratique excessive de la monoculture, ont entraîné des catastrophes écologiques de grande ampleur aux lourdes conséquences socio-économiques. Le cas le plus connu est celui du « Dust Bowl » (Nuage de poussière recouvrant les infrastructures, champ et autre) entre les années 20 et 40 dans les grandes plaines semi-arides américaines du fait d'une érosion éolienne exacerbée. Ce véritable fléau national fut à l'origine de la remise en cause du labour dès les années 30 aux U.S.A. D'où le développement du semis direct, correspond à l'invention, à l'accessibilité et à la maîtrise des équipements agricoles et des herbicides. Au début des années 40, les chercheurs nord-américains se sont orientés sur les produits phytosanitaires et le développement de techniques alternatives du travail du sol : chisels et autre outils de travail superficiel des sols. A partir des années 60, des fermiers américains abandonnent le labour et laissent sur le sol les résidus des cultures jusqu'au semis suivant. Ils sèment directement après avoir détruit les mauvaises herbes à l'aide des herbicides totaux non résiduels : le « paraquat » en 1960 et le « glyphosate » (*Round-UpTM*) en 1978. (A.F.D., 2006).

En Europe, les premières recherches sur le semis direct ont été menées en Grande Bretagne avec la découverte de paraquat. En 1962, pour la première fois, Harry Young, un agronome de Kentucky (U.S.A.) a été initié à la diffusion du semis direct.

(T. RAZAFIMBELO, 2005)

En Amérique latine, le semis direct commençait à être adopté par quelques agriculteurs à partir des années 70, suite à des phénomènes importants d'érosion hydrique

dans le Sud du Brésil (Etat du Parana) et en Argentine dans les Pampas Centrales. Cette prise de conscience, individuelle ou collective, des processus d'érosion des terres, a été le point de départ du semis direct dans ces différentes régions du monde (A.F.D., 2006). En France, les premières expérimentations ont été mises en place par l'Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.) et l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages (I.T.C.F.), celles en Espagne ont débuté en 1982. Toutes ces expériences ont abouti à une même conclusion que le S.C.V. a un effet positif sur le rendement, la réduction du coût de production et la diminution de l'érosion. (T. RAZAFIMBELO, 2005)

Tableau 1: Les superficies cultivées en semis direct dans le monde (1998)

Pays	Surfaces (en ha)
Etats-Unis	18.000.000
Brésil	10.500.000
Canada	6.500.000
Argentine	4.400.000
Australie	1.100.000
Europe Occidentale	500.000
Paraguay	500.000
Mexique	490.000
TOTAL	41.990.000

Source : CHATELIER, 1999

Pour l'Afrique, l'Asie et les Îles de l'Océan Indien entre autres Madagascar et autres pays de l'Amérique latine, le semis direct prend sa place peu à peu dans les petites exploitations agricoles.

B. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol à Madagascar

A Madagascar, la saturation des zones irriguées et la stagnation de leur rendement conduisent à une mise en culture de plus en plus fréquente et importante des « Tanety ». L'érosion et le ruissellement engendrent la dégradation de ces sols fragiles et causent des dégâts sur les infrastructures en aval. Le développement pour et avec les agriculteurs, de solutions adaptées localement aux conditions agro climatiques et socio-économiques, qui soient durables, économiquement rentables et facilement applicables, tout en préservant l'environnement est un enjeu technique capital pour la Grande Ile. C'est pour cela que de

nouvelles techniques agro écologiques ouvrent de nouvelles perspectives pour lutter contre la pauvreté rurale en protégeant le capital productif : la terre et les eaux. (O. Husson, L. Séguy)

Les premiers essais de S.C.V. à Madagascar font suite à une mission de Lucien Séguy. Ils datent sur les Hauts Plateaux, des années 1991-1992 dans le cadre du projet blé de KOBAMA aux fermes mécanisées à Andranomanelatra, commune rurale d'Antsirabe II dans la Région du Vakinankaratra (H.CHARPENTIER, C.RAZANAPARANY, 2005), et sont inspirés de l'expérience brésilienne.

En 1994, quatre institutions (KOBAMA, FIFAMANOR, FOFIFA, et CIRAD) créent l'ONG TAFa afin de poursuivre en milieu paysan la mise au point de ces techniques agro écologiques. Les zones d'essais allaient progressivement s'élargir :

- dans les Hauts-Plateaux depuis 1994 ;
- dans le Moyen-Ouest, Lac Alaotra avec l'Association Nationale d'Actions Environnementales (A.N.A.E.), dans le Sud-Ouest avec le Projet « Sud-Ouest » (P.S.O.) depuis 1995 ;
- et dans le Sud-Est et le Menabe depuis 1998. (P. RAKOTONDRALAMBO, ONG TAFa)

Le Groupement Semis Direct de Madagascar (G.S.D.M.), un réseau national d'institutions a été créé pour coordonner les actions en matière d'agro écologie et promouvoir une offre technologique adaptée aux grandes écologies de l'île. Lors de la crise politique et économique qui a secoué le pays, l'ensemble de ce dispositif a pu être maintenu entre 2001 et 2003. Depuis janvier 2004, le Ministère d'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (M.A.E.P.) a délégué au G.S.D.M. la maîtrise d'œuvre du projet « Appui à la diffusion des techniques agro écologiques à Madagascar »

Actuellement, sans conteste, Madagascar est le pays le plus avancé, parlant de l'offre technologique diversifiée en matière de S.C.V. pour la petite agriculture familiale. Le tableau 2 ci-après résume les surfaces déjà effectuées. En effet, les S.C.V. développés par la recherche y sont très variés du fait de la diversité agro-écologique de Madagascar :

- au Sud-Est : chaud et pluvieux ;
- sur les Hauts Plateaux : sous un climat marqué par le froid d'altitude ;
- dans le Sud-Ouest : un climat semi-aride ;
- et dans la zone du Lac Alaotra et le Moyen Ouest : aux écologies de moyenne altitude avec une longue saison sèche. (A.F.D, 2006)

Tableau 2: Surface (en ha) des S.C.V. par région agro-écologique de Madagascar en Mars

2006

Régions agro écologiques	Objectifs	Réalisations
Vakinankaratra	103	52
Sud-Est	290	311
Sud-Ouest	56	37
Lac Alaotra	592	340
Androy	7	7
Ankililoaka	22	31
Bongolava	250	30
Nord-Ouest	0	0
TOTAL	1320	808

Source : Synthèse superficielle S.C.V. par région en 2005-2006, 2006.- in RAMAROFIDY, 2006

C. Le semis direct sous couverture végétale permanente du sol dans le Vakinankaratra

Après l'introduction du S.C.V. pour la première fois en 1991 dans la région du Vakinankaratra, des sites de référence, mise à part celui d'Andranomanelatra ont été installés : d'abord à Antsapanimahazo, à Ibity et à Betafo. Mais les adoptants des nouvelles techniques n'ont été suivis qu'à partir de la campagne 1998 à 1999, lorsqu'ils ont installé des paillages. Sur les sites de référence d'Antsapanimahazo, ces systèmes ne sont pas mis en place en station, mais réalisé en partenariat avec l'agriculteur, Monsieur Razafindrakoto

Depuis 1996, les premières cultures de maïs, riz pluvial, haricot et soja en S.C.V. peuvent y être observées, soit en semis direct sur résidus, soit sur couverture vive de kikuyu, de trèfle ou de *Desmodium uncinatum*. Cette technique est relancée par le premier adoptant Monsieur Rakotomalala en 1997. Il sera suivi par d'autres agriculteurs, qui ressentiront le besoin de se grouper dès l'an 2000. En octobre 2002 l'association Fikambanan'ny Tantsaha Miavotra eto Antsapanimahazo (FITAMIA) est formalisée. Ils sont confrontés à une demande de suivi croissante, si bien que l'ONG TAFa affecte un technicien pour l'appui à la diffusion sur ce terroir villageois à la fin de l'année 2003. Actuellement, 5 % des agriculteurs ont adopté les S.C.V. et transforment progressivement leur exploitation avec une progression des surfaces d'un tiers depuis la campagne précédente (R.MICHELLON, C. RAZANAPARANY, 2006)

Cette progression se résume par le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3: Evolution du nombre des surfaces (en are) autour des sites références ou sur les terroirs villageois dans le Vakinankaratra

Localité	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ampandrotrarana	-	-	100	200	486	-	659	712
Andranomanelatra	29	115	506	496	616	-	-	-
Antsapanimahazo	85	132	231	262	384	561	794	745
Betafo	35	42	119	18	8	-	-	192
Ibity	32	104	158	218	395	-	-	-
TOTAL	181	393	1114	1194	1889	561	1453	1649

Source : MICHELLON, RAZANAPARANY, 2007

1.1.1.2. Définition

« **Le semis direct sous couverture végétale permanente est un système conservatoire de gestion des sols et des cultures**, dans lequel la semence est placée directement dans **le sol qui n'est jamais travaillé** ». - Seul un petit trou ou sillon est ouvert en profondeur et largeur suffisantes, avec des outils spécialement conçu à cet effet, pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. - **Aucune autre préparation du sol n'est effectuée**, - L'élimination des mauvaises herbes, avant et après le semis est faite avec des herbicides les moins polluants possibles pour **le sol qui doit toujours rester couvert**. (TAFSA.- Présentation S.C.V)

1.1.2. Fonctionnement, principes et techniques de base

1.1.2.1. Fonctionnement et principes

A. Fonctionnement

Le S.C.V. s'inspire du mode de fonctionnement de l'écosystème forestier, un modèle de fonctionnement à reproduire pour l'agriculture (Schéma 1) :

- dans le système SOL-PLANTE, une grande fraction des éléments fertilisants est recyclée entre la matière organique vivante et morte, sans beaucoup d'échanges avec le sol minéral ;
- des grandes quantités d'éléments fertilisants sont ainsi **RETENUES** dans le système ;
- et une forte activité biologique dans le sol. (TAFSA.- Présentation S.C.V)

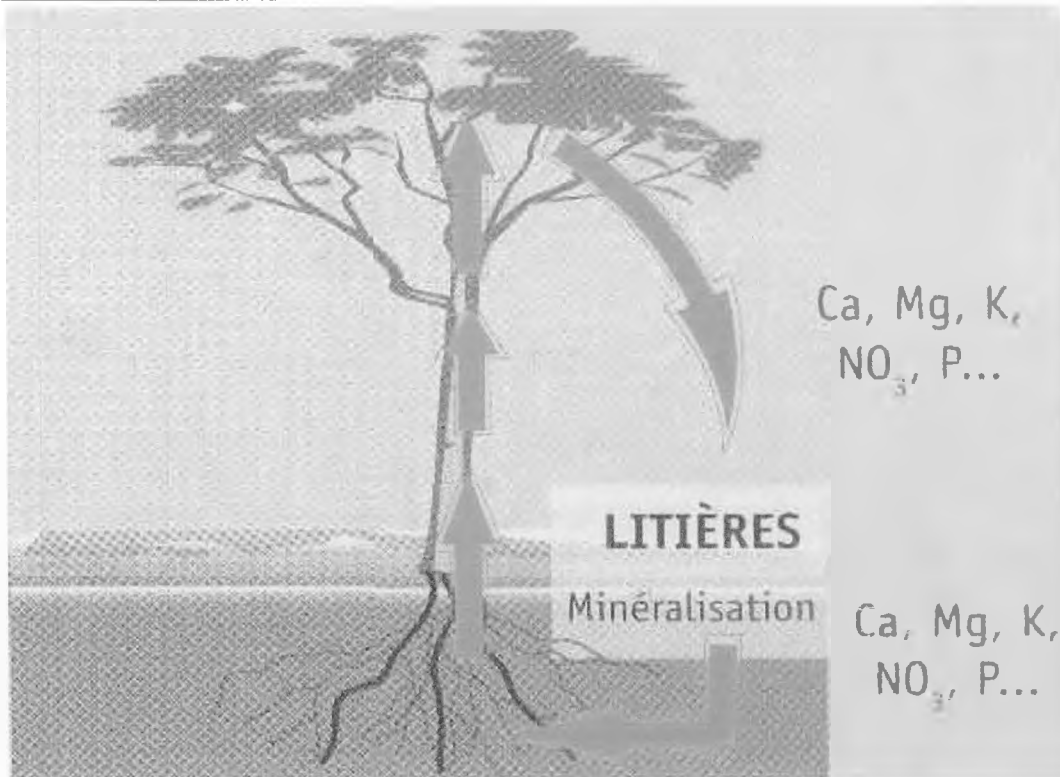


Schéma 1: Fonctionnement d'un écosystème forestier

Source : Site Internet du CIRAD d'après L. Séguy, S. Bouzinac, 1996

B. Principes

Le S.C.V. est basé sur deux principes :

- **SOL N'EST JAMAIS TRAVAILLÉ** : c'est-à-dire, n'est plus labouré pour planter, mais plutôt le « **COUVRIR** » pour le « **FIXER** » et le « **PROTEGER** » toute l'année. Au fait, une couverture morte et vivante est maintenue en permanence.

Lorsqu'un sol n'est pas travaillé pendant plusieurs années de suite, la biomasse plus ou moins transformée s'accumule pour former un mulch qui protège le sol contre l'érosion et les aléas climatiques. (A.F.D., 2006)

- **FAIRE TRAVAILLER LA NATURE** : la laisser travailler en utilisant ses ressources naturelles par l'action de couverture du sol et des successions culturales. C'est le principe de base de la gestion agrobiologique des sols qui fait travailler au bénéfice des sols, des cultures et de la nature (F RADONANDRASANA., 2005). Le labour traditionnel utilisant la charrue est remplacé dans le S.C.V. par « le travail biologique du sol » effectué par les divers organismes, depuis les insectes jusqu'aux bactéries et champignons microscopiques, qui trouvent un habitat et de bonnes conditions pour leur développement dans ce sol non travaillé. Grâce à leurs activités, ces organismes transforment, incorporent et mélangent le mulch au sol, puis vont décomposer l'ensemble pour constituer l'humus.

1.1.2.2. Techniques de base

Le semis direct consiste à implanter une culture sans travail du sol soit :

- dans les résidus végétaux de précédentes récoltes, complétés si nécessaire par de paillage de « bozaka », s'appelle « **couverture morte** » (Photos 1 et 2)



Photo 1: Soja sur couverture morte d'avoine sur les Hauts Plateaux

Source : O. Husson, L. Séguy



Photo 2: Riz sur paillage de bozaka (aristida sp) à Lac Alaotra

Source : O. Husson, L. Séguy

- sur « **couvertures vives** » (Photo 3) constituées par des plantes pérennes, régénératrices de fertilité et de structure, comme les légumineuses : *Arachis pintoï*, *Rifolium emipilosum*, ou des graminées : *Brachiaria ruziziensis* et Kikuyu (*Pennisetum clandestinum*)



Photo 3: Maïs sur couverture vive de trèfle sur les Hauts Plateaux

Source : O. Husson, L. Séguy

En plus de cela, il y a aussi des travaux de pré semis. Les adventices et les plantes de couvertures sont maîtrisées de façon mécanique (fauchage, et roulage), et chimique par des herbicides en fonction des espèces et moyens disponibles.

Exemples des herbicides de pré semis (R. MICHELLON, C. RAZANAPARANY, 2006) :

- sur couverture morte : Glyphosate 540 g/ha + 2,4-D sel d'amine 1040 g/ha (1,5 l/ha Round Up + 1,5 l/ha 2,4-D Amine 720 SE)

- sur couverture vive : Paraquat 400 g/ha en dirigé sur la ligne de semis (2 l/ha Gramoxone).

Ce traitement herbicide est inutile après *Stylosanthes guanensis*

1.1.3. Effets du semis direct sous couverture végétale permanente du sol

1.1.3.1. L'évolution des propriétés physiques du sol

L'activité des faunes du sol qui trouvent un habitat favorable en semis direct et le chevelu dense des racines des plantes de couverture améliorent les propriétés physiques et hydriques des sols. En effet, la couverture herbacée favorise la stabilité structurale des sols. La conductivité hydraulique à saturation faible en sol nu, devient très élevée avec couverture, surtout sur kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) (R. MICHELLON., 1996), ainsi que les produits résultant du métabolisme de la microflore des rhizosphères.

1.1.3.2. La Restauration de la fertilité chimique du sol

Les plantes de couverture par leur système racinaire recyclent les éléments nutritifs lixiviés en profondeur (Schéma 2). Cette fonction est importante pour limiter ou diminuer les fuites de ceux-ci hors du système cultivé (nitrates pollueurs de nappes, sulfates et bases) et pour améliorer les sols pauvres afin de les rendre productifs. Les cultures sont améliorées par voie organo-biologique, grâce à une relation privilégiée « matière organique minéralisable et culture » (Séguy et al, 1998). Les pertes en éléments fertilisants dans le système sol-plante sont donc moindres.

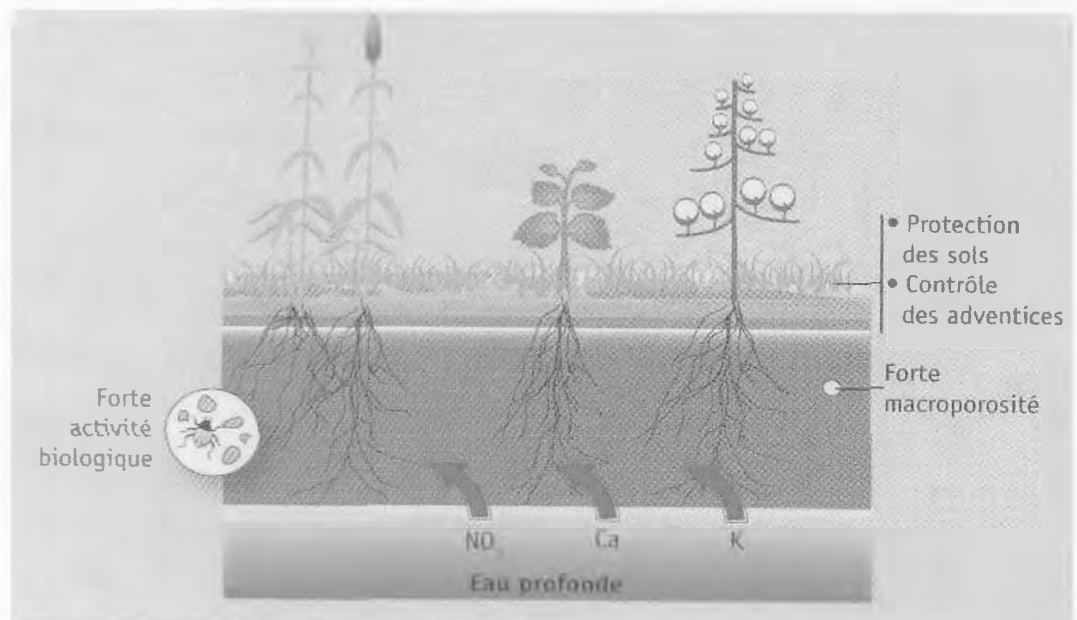


Schéma 2: Fonctionnement des plantes de couverture

Source : A.F.D., 2006

Ainsi, le pH du sol, les bases échangeables (Ca, Mg, K), le taux de saturation en base, le phosphore extractible, le carbone organique et l'azote total en semis direct sont significativement plus élevés qu' en labour conventionnel jusqu'à 10 cm de profondeur.

(D. OLIVEIRA E., PAVAN M., 1998) *in* (H. M. RAMANANTSIALONINA, 1998). Parlant du taux de matière organique ce système de culture peut l'augmenter grâce à l'apport de biomasse d'un mulch ou d'une couverture vive.

1.1.3.3. L'amélioration des propriétés biologiques des sols

Les études de la structure, du profil racinaire et de la faune du sol ne peuvent pas se séparer, elles permettent, le jugement des propriétés biologiques. L'examen de ces trois éléments permet d'apprécier la fertilité d'un milieu. Le semis direct crée un milieu propice pour les arthropodes vivants en surface ou en profondeur en gardant l'humidité du sol. Il atténue aussi les variations extrêmes de la température et leur fournit la nourriture.

En bref, le S.C.V. est un système de culture durable, il est basé sur des couvertures permanentes : vives ou mortes, présentant un fort potentiel qui lui est propre, engendre aussi en lui des contraintes à son développement.

1.2. Atouts, inconvénients et contraintes du semis direct sous couverture végétale permanente du sol

1.2.1. Les atouts

Les S.C.V. contribuent au respect de l'environnement, ils réduisent l'action de l'érosion et amoindrissent l'agression par impact des gouttes de pluie ainsi que les ruissellements. Les avantages du S.C.V. sont remarquables en parlant de :

- l'eau de pluie, elle est mieux valorisée grâce à une meilleure infiltration de l'eau, une plus grande capacité de stockage et un meilleur enracinement des plantes. Sur le même plan, la sécurité alimentaire dans le Sud-Ouest de Madagascar (zones semi-arides) par exemple peut être assurée grâce à cette technique agro-écologique ;
- l'évapotranspiration réelle : il y a limitation de la transpiration des adventices et limitation d'évaporation, par la couche limite que constitue la couverture et par le drainage profond de l'eau ;
- l'environnement : il est favorable au développement de l'activité biologique du sol ;
- les mauvaises herbes que les S.C.V. peuvent maîtriser par effet d'ombrage et d'allopathie ;
- la structure du sol, où ils augmentent la macroporosité ;

- la nutrition des plantes : les S.C.V. accroissent le taux de matière organique, ils assurent la remontée des éléments nutritifs profonds du sol ;
- la gestion de l'exploitation, dont le temps de travail est diminué par la suppression des quelques opérations culturales comme le labour et le sarclage, avec lequel l'utilisation d'intrant est dérisoire. En effet, il y a réduction du coût de l'exploitation avec un rendement plus stable.

1.2.2. Les inconvénients

Bien que peu nombreux, ils se rapportent en quelque sorte :

- selon la culture, à la réduction de macroporosité, c'est le cas du riz pluvial qui est plus sensible surtout dans le profil poral. L'espace poral engendré par la rotation soja/riz pratiquée en semis direct sur un seul résidu de récolte est insuffisant pour favoriser un développement racinaire puissant qui conditionne l'obtention de forte productivité stable ;
- il y a aussi le problème phytosanitaire par l'éventuelle apparition des champignons ou bactéries. Pourtant, ce fait peut être solutionné par la rotation de culture, au niveau de la pullulation des maladies et la prolifération des insectes terrioles induites par la permanence d'un microclimat à forte humidité et à température douce. Ce qui accroît les dépenses et/ou annihile la production ;
- enfin à la baisse du rendement, au cours des deux premières années de culture, une baisse de rendement peut être constatée à cause du temps que le sol prendrait lui-même à se régénérer et à produire sa biomasse. Cependant, à long terme, le rendement est plus important qu'en système traditionnel avec labour.

1.2.3. Les contraintes

1.2.3.1. Contraintes liées aux systèmes agraires

A. La vaine pâture

Le principe des S.C.V. se base sur la présence d'une couverture végétale permanente. Lorsque la vaine pâture est pratiquée par la population locale, ce tapis végétal peut être mis en danger par le bétail en cas de non surveillance. Ce dernier mange une partie de la couverture, par conséquent, les sols deviennent nus et peuvent rapidement perdre une grande partie des avantages dont leur faisait bénéficier la couverture.

B. Le feu

L'utilisation de feu en tant que moyen de défrichage rapide dans les pays tropicaux représente une menace pour la couverture permanente, qui peut être ravagée en peu

de temps. C'est pourquoi, il est souvent délicat ou difficile de pratiquer le semis direct dans une communauté où le défrichage par le feu est pratiqué.

1.2.3.2. Contraintes liées aux systèmes de production

A. L'utilisation des intrants

Les S.C.V. sont des systèmes, dits économiques en intrant, car ils nécessitent seulement de l'utilisation des herbicides autour de la période de semis. Mais souvent, les agriculteurs n'utilisent aucun ou très peu à cause du moyen financier.

B. Affectation de la biomasse

Le fonctionnement du S.C.V. requiert de grandes quantités de biomasse végétale. De ce fait, il risque de créer une concurrence entre les différentes activités nécessitant de la biomasse, au sein de l'exploitation. En effet, cette dernière peut avoir diverses destinations dans l'agriculture : préparation de fumier, de compost ou simplement de cendre. (M. GOUDET, 2003)

C. Technicité de semis direct sous couverture végétale permanente du sol

Ces contraintes sont relativement rares, mais elles existent. Les plus remarquables relèvent des intrants et les matériels utilisés. Parfois la technicité nécessaire pour les utiliser est élevée, cas de l'utilisation des semoirs spécifiques, l'emploi des herbicides de contact qui peuvent gêner la mise en œuvre.

D. Développement des maladies et de parasites

Il semble que dans un cas général, les S.C.V. permettent de diminuer les maladies et les ravageurs. Mais ce n'est pas le cas partout et pour toutes espèces, car cela dépend énormément des conditions du milieu. Parfois, le développement de certains nuisibles est même supérieur dans le système en semis direct à celui observé en agriculture conventionnelle. (M. GOUDET, 2003)

Selon les chercheurs travaillant sur le S.C.V., et d'après les résultats obtenus, la conduite de cette technique agro-écologique a permis d'améliorer la fertilité du sol, le rendement et de réduire les impacts environnementaux liés aux anciennes pratiques traditionnelles d'exploitation des sols, malgré les obstacles qui l'interviennent. Pour toutes ces raisons, quels sont les effets de ces anciennes pratiques ?

1.3. Effets du labour

Le labour reste un mode de préparation du sol le plus pratiqué dans le milieu paysan ou dans les grandes exploitations. Ses impacts négatifs posent des problèmes à ceux qui le pratiquent comparativement à aux effets positifs qui lui sont propres.

1.3.1. Effets du travail de sol sur les propriétés physiques du sol

- Le travail du sol, en ameublissant le sol, remédie aux mauvaises structures, aux semelles compactées et aux croûtes de battance. De ce fait, il augmente la porosité et permet aux racines de mieux coloniser le sol par leur chevelu. Néanmoins, le travail fréquent du sol, y compris le sarclage provoque un dessèchement plus ou moins irréversible, une pulvérisation excessive de l'horizon de surface et crée une zone compactée, appelée « semelle de labour ». Dans ce cas, les modifications structurales suppriment les réseaux de macroporosité et la continuité porale. Ce qui rend de l'autre côté difficile la pénétration des racines en profondeur du sol ;
- Le ruissellement de l'eau sur un sol labouré, en mottes, favorise l'écoulement en remodelant le sol en planches, butes ou billon ;
- Par ailleurs, en ameublissant un sol compact et sec, le travail du sol retient l'eau de pluie, favorise l'infiltration pour reconstituer la réserve en eau en profondeur et diminue le ruissellement superficiel.
- le labour, en créant une zone sèche de surface par binage, diminue aussi l'évaporation.

1.3.2. Effets du travail de sol sur les caractéristiques chimiques du sol

1.3.2.1. Effets négatifs

Le labour profond en continue, accélère fortement la minéralisation de la matière organique, même s'il s'est montré la technique la plus efficace pour éliminer la compaction du profil cultural. Le sol s'appauvrit, ainsi rapidement jusqu'à des niveaux qui laissent prévoir une consommation accrue d'engrais minéraux pour maintenir à moyen et long terme des rendements élevés et stables. (SEGUY ET BOUZINAC, 1996)

in (H. M. RAMANANTSIALONINA, 1998)

1.3.2.2. Effets positifs

Les éléments minéraux dans le profil cultural viennent à l'origine, soit de la roche mère, soit apportés par les amendements et engrais. Ces éléments minéraux peuvent être soit, retenus par le Complexe Argilo- Humique (C.A.H), cas de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , soit exister à l'état insoluble, cas du carbone et phosphate, ou libre dans la surface du sol en cas du

lessivage des ions NO_3^- . Aussi, en remuant le sol, le travail du sol rend ces éléments disponibles et facilement assimilable par la plante soit :

- en mélangeant dans une partie plus ou moins épaisse du profil les éléments insolubles ou retenus par le C.A.H.
- en remontant vers la surface, par le labour, une partie des éléments en train de lessiver en profondeur
- en provoquant l'abaissement du pH. En effet, l'acidité du sol résulte souvent de l'accumulation d'acides organiques, dont l'oxygénation après le labour, entraîne la dégradation de ces acides. (D. SOLTNER, 24^eéd, 2005)

1.3.3. Evolution de propriétés biologiques

Le fait d'incorporer la matière organique par le travail du sol, permet d'ameublir le sol surtout en surface et favorise les échanges gazeux. Le labour permet également d'évacuer l'excès d'eau dans le sol. Il favorise, par conséquent les activités microbiologiques du sol, qui pour se développer, ont besoin de matières organiques jeunes et d'un milieu aéré, tempéré et modérément humide.

Toutefois, le labour conventionnel en perturbant le sol, influence beaucoup la structure de la faune et de la flore. La macrofaune du sol est la plus affectée par cette dégradation. (H. M. RAMANANTSIALONINA, 1998)

Ces généralités sur le S.C.V. et le labour ont pour objectif de montrer leur effet comparatif sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, caractéristiques qui conditionnent la pénétration et la ramification des racines dans le sol. Les racines, étant le principal organe de la plante qui assure sa nutrition minérale.

Au cours de cette étude, nous avons observé le profil racinaire des plantes de couverture de deux types de systèmes, en SCV et en labour dont la finalité est de savoir leurs nombres et la profondeur atteinte. Dans le chapitre suivant, donc, nous donnerons un bref aperçu sur les racines et le profil racinaire.

Chapitre II : Généralité sur les racines et l'étude du profil racinaire

2.1. Les racines

2.1.1. Définition et rôles

2.1.1.1. Définition

La racine est la partie du végétal qui le fixe généralement au sol ou sur un support (cas des épiphytes) et lui assure son ancrage, son alimentation en eau et en sels minéraux (C. Jourdan., 2005). Prolongement de la tige vers le bas, elle en diffère par plusieurs caractères : sa structure interne, son géotropisme positif, la présence d'une coiffe terminale et de poils absorbants, l'absence de feuille et de bourgeons. (Wikipedia.org).

Il est à noter que le fait d'être dans le sol n'est pas une garantie pour déterminer les racines. C'est ainsi que certaines tiges poussent également dans le sol, cas de la corne du taro, des plantes à rhizomes, à tubercule et le bulbe.

2.1.1.2. Rôles des racines

Les racines sont un organe vital de la plante, qui se forme très tôt lors de son développement, dès le début de la germination. Leurs rôles au sein du sol sont de :

- participer au bilan organique et à la séquestration de carbone du sol ;
- contribuer à la maintenance de la structure du sol : contrôle de la microporosité et micro-compaction ;
- influencer sur la géochimie du sol par les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère ;
- contrôler l'environnement rhizosphérique, d'un côté du point de vue écologique : microflore et microfaune et de l'autre côté du point de vue biochimique : elles peuvent assimiler les ions absorbés par les colloïdes du sol, grâce à leur faculté dissolvante des excréments racinaires renfermant de l'acide carbonique, des acides organiques et des acides aminés.

Les autres rôles de la racine sont (P. SMIRNOV, E. MOURAVINE, 1997):

- lieu de synthèse de certains régulateurs de croissance, hormone, métabolites secondaires ;
- organe de propagation et de dispersion de la plante ;
- communication entre la plante (anastomose)
- transport et absorption de l'eau, des éléments minéraux et des hormones ;
- siège de symbioses avec les bactéries du sol, en particulier pour le métabolisme de l'azote.

2.1.2. Fonctionnement

Les racines ont plusieurs fonctions : d'abord fixation de la plante dans le sol, puis le puisage de l'eau et des éléments minéraux dans le milieu, et dans certains cas l'accumulation

des réserves et l'enrichissement du sol en matière organique.

2.1.2.1. Fonction d'ancrage dans le sol

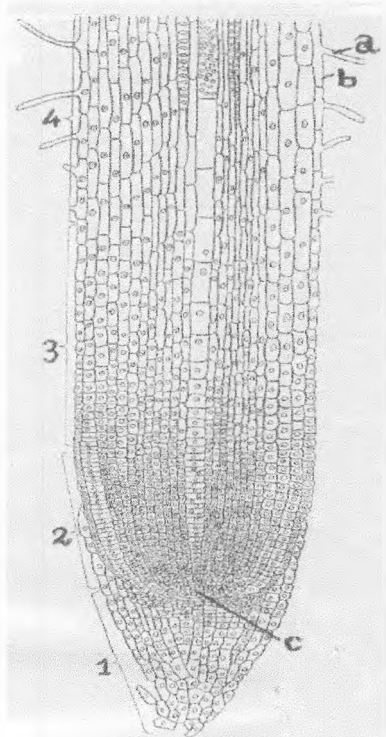
La plante est ancrée dans le sol par sa racine. Ce premier fonctionnement permet à la plante de maintenir sa position dans l'espace malgré les forces liées au vent, à la pluie et aux autres. Une plante mal enracinée sera beaucoup plus sensible à la verse. Mais les plantes « immobiles » ne peuvent accroître leur accès aux nutriments qu'en accroissant le volume de sol réellement exploré, où la taille de leur système racinaire est augmentée. (J. L. Chopart, 2004)

2.1.2.2. Fonction de puits

Les racines permettent à la plante de s'approvisionner en eau et en matières minérales du sol, et les transportent au reste de la plante pour sa croissance, grâce à la photosynthèse réalisée par les feuilles. Le volume du sol approvisionnant la plante dépend de l'assimilabilité et de la mobilité de l'élément considéré, mais aussi de l'état hydrique du sol et de la quantité de la biomasse racinaire présente dans le sol.

La racine accède également à l'eau grâce à sa diffusion dans le sol sur une distance limitée de quelques centimètres. Même si le sol est bien pourvu en eau, elle ne sera pas utile à la plante, s'il n'y a pas à proximité une racine pour l'intercepter. (CIRAD et GRET -Mémento, 2002)

2.1.3. Structure de la racine



- 1- coiffe
- 2- zone des cellules en division
- 3- zone d'étirement des cellules
- 4- zone de formation des poils absorbants
- a- poils absorbants
- b- épiderme
- c- cellules initiales

Schéma 3: Structure primaire de la racine

Source: (P. SMIRNOV, E. MOURAVINE, 1997)

En parlant de son extrémité, la jeune racine présente, une zone embryonnaire qui constitue le pôle de croissance, protégée par une coiffe conique composée de cellules subéreuses se renouvelant constamment. Par la sécrétion de polyosides, cette coiffe a un rôle lubrifiant pour permettre une meilleure pénétration de la racine dans le sol. Suis une zone d'allongement limitée à quelques millimètres, suivie par une zone pilifère (ou *assise pilifère*). Dans cette dernière zone, chaque poil absorbant ou radicelle, un petit prolongement des cellules extérieures de 5 à 72 microns de diamètre et de 80 à 1500 microns de longueur (P. SMIRNOV, E. MOURAVINE, 1997) est constitué d'une seule cellule très allongée à grande vacuole, dont les parois nues permettent l'absorption de l'eau et des sels minéraux par osmose. La présence de ces nombreux poils permet d'accroître considérablement la surface d'absorption de la racine. Très vite, ces poils meurent et sont remplacés par d'autres au fur et à mesure de la croissance de la racine, au fait, la zone pilifère est globalement toujours de la même taille.

2.1.3.1. Système racinaire

Les plantes ont trois types de racine : primaire, secondaires, et adventives.

A. Racine primaire

Elle est la première racine, qui apparaît après que la graine se soit imbibée d'eau, couvert de ses poils absorbants (Schéma 4)

B. Racines secondaires

Elles apparaissent quelques jours plus tard après l'apparition de la racine primaire. (Schéma 4)

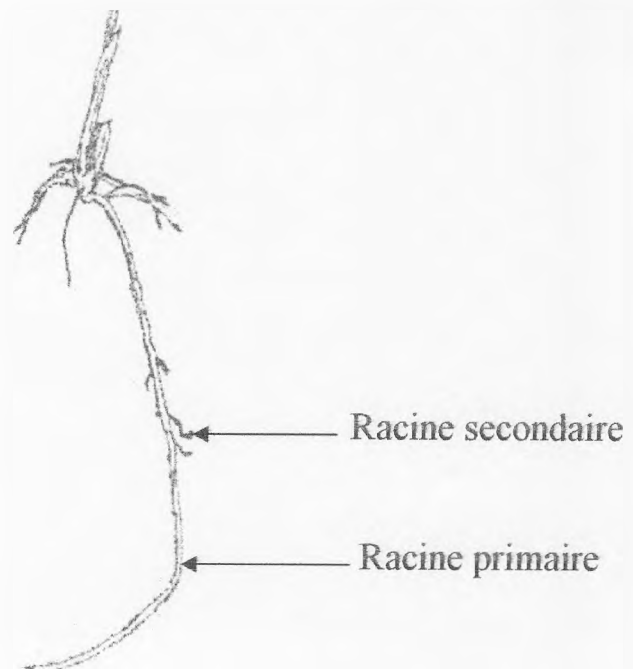


Schéma 4: Grain de paddy germant, au 7^{ème} jour

Source : P. Hubert, 1970

C. Racine adventives

Ces racines sont apparues le long d'une tige, soit aux nœuds, soit aux entres nœuds, voire sur les feuilles (Schéma 5). Les bouturées vivent donc toutes aux moyens de telles racines

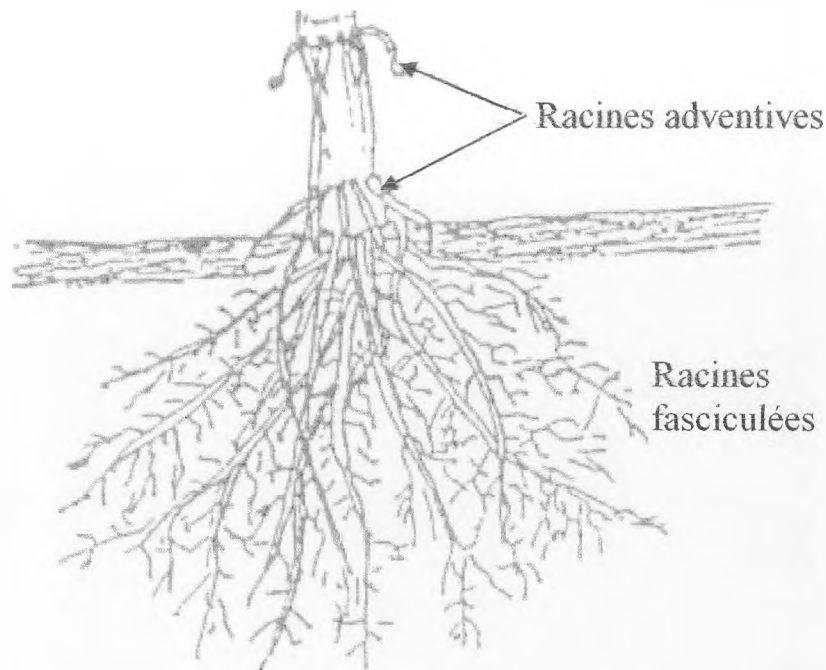


Schéma 5: Racine et tige du maïs

Source : Cours sciences et techniques de culture, 2005

2.1.3.2. Différentes formes de racines

La racine peut avoir différents aspects : grêle, filiforme, conique, épaissie et fasciculée pour les herbes. Elles peuvent aussi former un caudex comme chez le baobab.

2.1.3.3. Ramification

Il existe deux grands types de racines suivant sa ramification :

- la racine pivotante : une racine principale se développe et est dominante par rapport aux racines d'ordre inférieur ;
- les racines secondaires, tertiaires, et autres. Ces racines prennent beaucoup d'importance par rapport au pivot central.

2.2. Caractéristiques de la racine, dynamique et importance de la biomasse racinaire

2.2.1. Caractéristiques de la racine

Contrairement aux parties aériennes, telles que les fleurs et les feuilles, il existe peu de variabilité qui permettent d'identifier la plante (genre, espèce). Ce manque de variabilité

est relié à la faible gamme de variation de l'environnement des racines. Cependant, les racines peuvent être classifiées selon leur diamètre, leur texture, leur couleur, et leur potentiel de croissance.

2.2.1.1. Diamètre

Le diamètre apical des racines détermine la vigueur de la plante au sein de son potentiel de croissance, comme la durée de vie. Contrairement aux racines très fines, les racines épaisses ont leur caractère spécifique : plus performante pour lutter contre la compaction du sol, plus persistantes et se ramifient plus.

Il est à noter que, de nombreuses plantes sous faible alimentation minérale produisent des racines de petit diamètre (mobilité des ions et volume exploitable faible).

(C. Jourdan, 2005)

2.2.1.2. La texture

Les caractères morphologiques de texture externe qui varient entre les racines selon :

- le nombre, taille, position, durée de vie des poils absorbants ;
- la persistance de l'épiderme et du cortex ;
- et la nature de l'écorce chez les ligneux.

2.2.1.3. La couleur

Les variations de couleurs sont remarquables au sein des racines. Mais sa signification est peu connue sauf le vert qui indique le pigment chlorophyllien.

2.2.1.4. Le potentiel de croissance et durée de vie

Les racines ont deux catégories à ce sujet :

- celles qui ont une durée de vie courte (quelques jours à quelque mois) qui se ramifient peu, ont un diamètre faible inférieur à 0,5mm, une croissance initiale très rapide puis elles ralentissent et meurent.
- celles qui ont une durée de vie plus longue (plusieurs années), ont un diamètre plus important, supérieur à 5mm, une croissance moins rapide mais plus régulière et surtout plus longtemps, elles se ramifient beaucoup.

2.2.2. Dynamique du système racinaire des cultures considérées

Les plantes cultivées selon leur famille, genre et espèce ont leur dynamique de système racinaire. La quantité de la biomasse racinaire de ces plantes en descendant vers la profondeur varie par rapport à l'horizon considéré.

Mais avant d'entamer la biomasse racinaire nous allons voir la définition de la biomasse.

Comme définition la **BIOMASSE** est la masse totale des organismes vivants présents sur une surface déterminée, ou des organismes appartenant à une espèce ou à un ensemble d'espèces.

Sa valeur est très variable selon les régions et les organismes. Celle des végétaux est supérieure à celle des animaux et atteint son maximum dans les forêts. La biomasse des animaux qui vivent dans le sol est bien supérieure à celle des animaux du milieu épigé, situé au-dessus de la surface du sol. Des valeurs de biomasse ont été déterminées dans une forêt de chênes d'Europe occidentale. Celle des arbres atteint 140t par hectare ; celle des plantes herbacées, 1 596 kg par hectare ; la biomasse des animaux épigés, 3 kg par hectare.

Dans les déserts, où la végétation et les animaux sont très rares, la biomasse peut être presque nulle, de l'ordre de quelques kilos à l'hectare seulement.

L'« **énergie de la biomasse** » désigne l'énergie pouvant être extraite directement, ou indirectement, de matériaux biologiques. Le bois, les déchets agricoles et le fumier restent les principales sources d'énergie dans beaucoup de pays en voie de développement. On cherche aussi à y cultiver des végétaux à croissance rapide et à fort rendement, dont la biomasse peut être exploitée. (*Microsoft Encarta, 2005*)

Exemple le *Brachiaria ruziziensis* : une graminée très feuillue, stolonifère et pérenne (inférieur à 3 ans) qui produit rapidement une forte biomasse jusqu'à 15 t/ha en 3 mois, elle est utilisée en S.C.V. comme couverture, pour contrôler les adventices, par conséquent, le temps de désherbage est fortement réduit. (*Chabanne A., Husson O.*)

Dans cette étude que nous avons menée, plus précisément, la biomasse racinaire représente le système racinaire de plante. Dont nous allons voir ci-dessous celle des plantes considérées.

2.2.2.1. Biomasse racinaire du riz

Le système racinaire du riz est fasciculé. En culture pluviale, il est moins ramifié, de plus grand diamètre et plus profond. (*Cours sciences et techniques de culture, 2005*) (Schéma 6)

D'après le résultat obtenu par Z. ANDRIAMANANTENA. l'année 2006, en culture du riz, dans l'horizon de 0 à 20cm la biomasse racinaire du riz sur labour est plus élevée que celle du riz en S.C.V. et inversement en profondeur à partir de 20 cm.

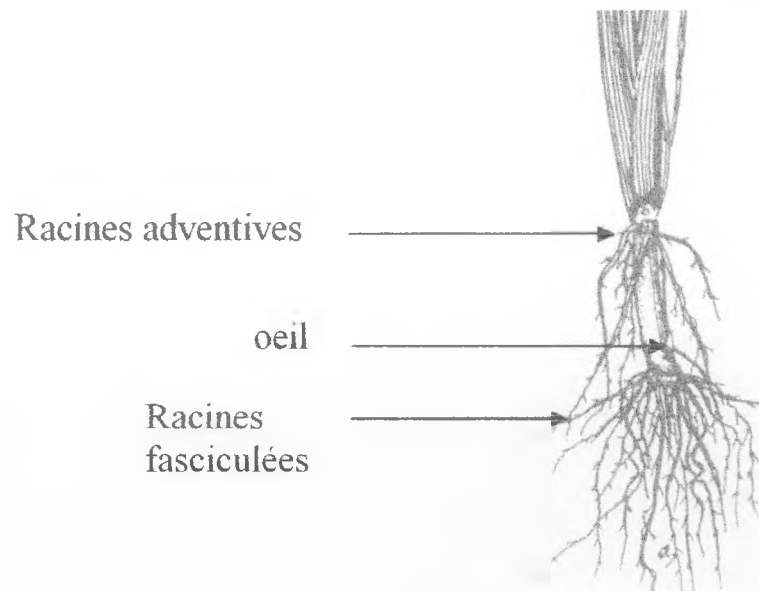


Schéma 6: Système racinaire du riz

Source : P. Hubert, 1970

2.2.2.2. Biomasse racinaire du maïs

Pour le maïs, les racines sont de type fasciculé et sont superficielles, car elles ne dépassent pas 50cm de profondeur. (P. Hubert, 1970)

(Schéma 5)

En rotation avec le soja sur résidus de récolte ou en labour, d'après Zolalaina ANDRIAMANANTENA, l'année 2006, de 0 à 10cm de profondeur, la quantité racinaire de maïs est plus élevée. A partir de 10cm, les poids de matière sèche sont très faibles. Alors, la biomasse racinaire du maïs sous labour domine par rapport à celle du maïs en S.C.V.

2.2.2.3. Biomasse racinaire du soja (Schéma 7)

Généralement, le système racinaire du soja est pivotante et peut s'enfoncer de 1,5m. Malgré cela, quelquefois le système racinaire descend au-dessous de la couche peu labourée, 50% en poids sec se trouvent dans les horizons de 0 à 15cm. Le système racinaire continue à se développer pendant la plus grande partie de son cycle biologique et reste fonctionnel jusqu'au stade de la maturité. (F.A.O., 1995)

Lorsque les bactéries spécifiques du soja : bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium*, existent dans le sol, il se forme des nodosités sur les racines. (P. Hubert, 1971)

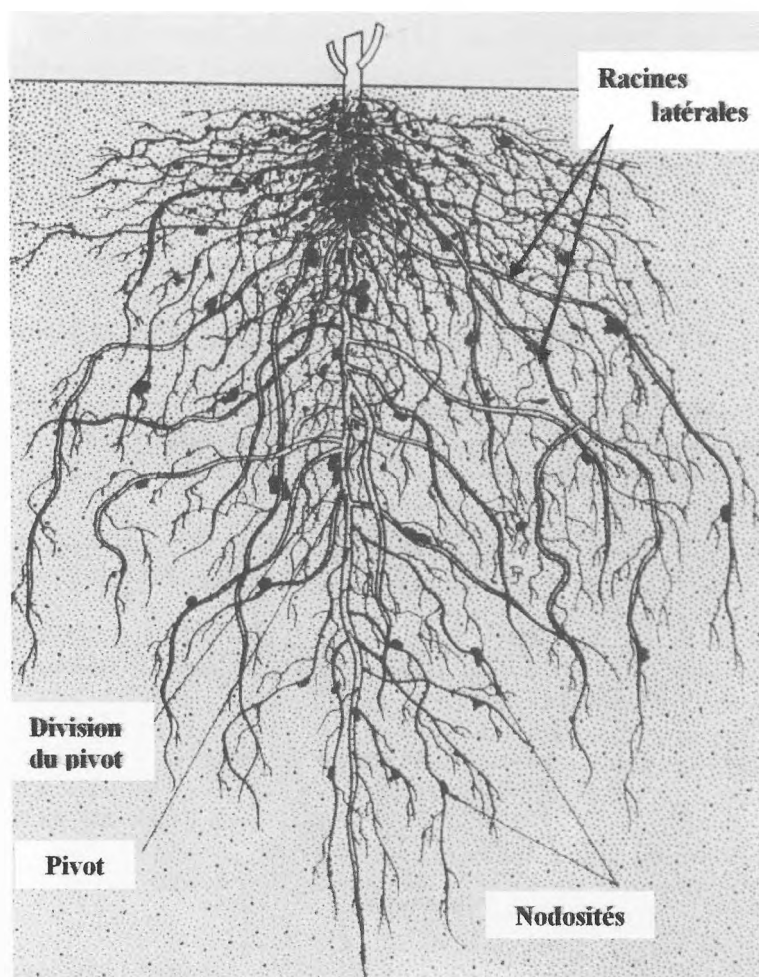


Schéma 7: Système racinaire du soja

Source : P. Hubert, 1971

2.2.2.4. Biomasse racinaire du *Brachiaria* (Photo 4)

Le *brachiaria* a un système racinaire très puissant, ses racines sont capables de mobiliser les éléments minéraux dans les sols difficiles à savoir : compacté, acide et à toxicité aluminique, lui confère une large adaptabilité dans le cadre de système de culture en semis direct. Notamment, ses capacités de décompactation sont nécessaires comme un précédent idéal pour le riz pluvial. (Chabanne A., Husson O.)



Photo 4: Système racinaire de *Brachiaria ruziziensis* dans les Hauts Plateaux

Source : O. Husson, L. Séguy

2.2.3. Importance de la biomasse racinaire

Dans le sol, un système racinaire fortement ramifié représente une énorme surface d'absorption dont la valeur varie avec la végétation des plantes, atteignant le plus souvent son maximum à la floraison (P. SMIRNOV, E. MOURAVINE, 1997). En outre les racines abondantes favorisent la pénétration de l'eau dans le sol. (H. Duprier, P. D. Leener, 1986)

Pour le développement et la croissance de la plante, l'effet de la biomasse racinaire joue un facteur important comme la biomasse aérienne. Les racines vivantes et les mycorhizes interagissent avec la microflore et la faune du sol, affectant ainsi les processus de décomposition de la matière organique. (Z ANDRIAMANANTENA, 2006)

Après la récolte, la biomasse qui reste dans le sol est variable d'une espèce à l'autre mais peut atteindre environ 1000 kg/ha pour des espèces comme le riz ou le sorgho. (Chopart, 1985) Les valeurs réelles de biomasse racinaire produite peuvent être supérieures du fait d'une dégénérescence d'une partie du système racinaire avant la récolte. Cette matière organique, qui est la source d'azote dans le sol, a la caractéristique d'être très intimement liée à celui-ci et d'être localisée en partie à une profondeur supérieure à celle des enfouissements par voie mécanique. D'ailleurs, dans la majorité des terrains intéressés par cette source, les racines sont la seule restitution organique régulière. Bien que le rapport C/N des racines soit

relativement élevé supérieur à 40 où l'évolution de matière organique sera très lente, les racines constituent également un apport d'azote. Les racines peuvent provenir des plantes cultivées, mais aussi des plantes de couverture ou de la végétation naturelle dans le cas de la jachère (Abbadie *et al*, 1992), in (Chopart J L., 2004)

En tant que protectrice du sol : la plupart des racines des plantes, en particulier des « plantes cultivées », sont en contact étroit avec le sol. Il est remarquable qu'en surface leur densité soit maximale. Elles forment un maillage, une armature, qui devrait défendre les sols à structure fragile facilement détachable. Cela doit avoir une incidence sur la protection du sol et la réduction de l'érosion. Cet effet des racines est rarement cité. Cependant, ce fait pourrait expliquer en partie, pourquoi un sol de prairie, sans empêcher le ruissellement est moins sensible à l'érosion qu'un sol accueillant une culture sarclée. (Chopart J L., 2004)

2.3. Etude du profil racinaire

2.3.1. Historique

La plupart des méthodes d'études de racine sur le terrain sont basées sur le lavage des racines. Les procédures de lavage et de nettoyage prennent souvent beaucoup de temps. Par conséquent, quelques chercheurs ont cherché des méthodes in situ pour obtenir des données quantitatives au sujet des racines dans le sol directement sur un profil. Alors, en relation avec ce dernier, Thiel (1892) a proposé d'érafler la couche mince du sol à fin de compter les racines évidentes. Cependant, cette méthode de profil de fossé n'était pas bien connue vu que Oskamp et Batjer (1932) ont fait leurs investigations étendues avec des arbres de verger. Depuis, plusieurs personnes ont employé cette méthode, principalement en horticulture (Havis, 1938; Butijn, 1955, 1958), et en science de sylviculture (Lutz et Ely, 1937; Scully, 1942; Ehwald, 1955). En Hollande, les cultures de plein champ annuelles également ont été étudiées par cette méthode. Dans toutes ces investigations seulement les nombres de racines ont été comptés sur le profil. (W. BOHM, 1976)

2.3.2. Approche expérimentale

Plusieurs méthodes d'observation et d'analyse des systèmes racinaires au champ sont étudiées, et sont fondées sur deux niveaux :

- d'abord au niveau de l'individu, où une analyse architecturale précise repose sur la caractérisation de la topologie, de la typologie et de la géométrie des différents axes racinaires ;

- puis au niveau du peuplement avec laquelle deux techniques sont utilisées :

- ✓ prélèvement d'échantillons de sol pour quantifier les longueurs et les biomasses racinaires ;
- ✓ comptage d'impacts de racines sur un profil de sol qui conduit à une cartographie des longueurs de racines d'une culture par volume de sol. (C. JOURDAN, CIRAD.- Fiche technique, CIRAD) *> il fait la relève de passage*

2.3.3. Méthode adoptée

Parmi ces différentes méthodes, celle qui nous intéresse est la technique de cartographie des impacts racinaires sur un profil de sol à l'aide d'une grille, afin :

- d'identifier les caractéristiques des couches du terrain ;
- d'examiner la façon dont elles sont exploitées et
- d'évaluer les causes de leur différenciation.

Entre autre, elle est facile à mettre en œuvre et permet de relier la répartition du système racinaire aux caractéristiques locales du milieu. C'est un bon outil de diagnostic rapide de l'état du sol et des effets d'une intervention culturale.

Cette méthode permet aussi d'évaluer la variabilité de l'enracinement dans le profil sans nécessiter de transport d'échantillons de sol ni d'extraction des racines par des procédés toujours assez lourds de tamisage sous l'eau. Son principal défaut est qu'elle ne donne pas accès directement à la densité volumique de longueur racinaire. Or, cette variable est la plus pertinente et actuellement la plus couramment utilisée pour évaluer l'accès à l'eau et aux éléments nutritifs de la culture.

La racine assure la vie de la plante, dès le début de la germination jusqu'à la maturation. Le fait que celle-ci ne peut pas absorber ou assimiler les éléments nutritifs dans le sol, les végétaux ne peuvent pas survivre. Ces éléments peuvent être assurés par la dégradation des résidus de récolte, et le chapitre qui suit en parlera d'une manière plus détaillée.

Chapitre III : Processus de dégradation des résidus de récolte

La dégradation des résidus des récoltes se fait en deux étapes successives :

- première étape, Décomposition des matières organiques jeunes ou minéralisation primaire M1 ;
- deuxième étape, l'humification.

Dans notre cas, ces résidus correspondent aux tiges, cannes et feuilles de plante de couverture.

3.1. Décomposition des matières organiques jeunes ou minéralisation primaire M1

Cette étape se fait en deux phases (*Dominique SOLTNER, 24^eéd, 2005*):

3.1.1. Phase de prolifération

Cette phase est marquée par de prolifération d'animaux (insectes, acariens, vers, mollusques et autres), de végétaux notamment champignons, et de bactéries, ces derniers se multipliant à partir des substances faciles à décomposer.

Leur population s'élève tandis que sont libérés en abondance les résidus de cette « digestion » des matières organiques : l'eau, le CO₂ et autres gaz, et de l'énergie sous forme de chaleur. Lorsque les matières organiques sont trop pauvres en azote pour assurer la multiplication microbienne, l'azote du sol mobilisé est donc non disponible pour la culture.

3.1.2. Phase de décroissance microbienne

Elle est marquée par la libération des substances nutritives minérales, issues à la fois des matières organiques décomposées, et de la mort des corps microbiens.

Ces substances minérales sont utilisables par les plantes, si une culture est là pour en profiter, et, pour certaines, fixées par les forces de liaison de l'argile et de l'humus. Une partie va servir à la synthèse de l'humus, enfin une autre partie peut être lessivée et perdue.

Au cours de ces deux phases, dans les résidus en cours de décomposition, on peut trouver des produits transitoires par exemple :

- des sucres ;
- de la cellulose ;
- de la lignine et
- de matière azotée à tous les stades (protéines, acides aminés et autres) provenant de l'altération du contenu des cellules.

Il est à signaler que ces produits transitoires constituent la « fraction jeune » des matières organiques du sol, parfois appelée « **humus jeune** »

3.2. Humification (Dominique SOLTNER, 24^eéd, 2005) :

3.2.1. Définition

L'humification et l'ensemble de synthèse, de reconstructions, aboutissant à l'édification des molécules complexes, les composés humiques que nous nommerons « **humus stable** » par opposition à l'humus jeune dont il est question ci-dessus, faisant suite à la décomposition des matières organiques végétales.

3.2.2. Processus

Certains de ces « **produits transitoires** » au lieu de se minéraliser complètement vont stopper leur évolution et en quelque sorte revenir en arrière : leurs molécules déjà relativement simplifiées, au lieu de se décomposer d'avantage, vont au contraire se regrouper, se condenser, se « polymériser » pour aboutir à des substances nouvelles à molécules de plus en plus grosses : humus stable

Mais le terme d'humus stable n'est qu'à demi exact. Ces nouvelles substances bien que résistantes aux attaques microbiennes sont lentement minéralisées par des microorganismes, à raison de 1,5 à 2 % du stock du sol par an, c'est le deuxième temps de révolution des matières organiques du sol : minéralisation lente de l'humus stable ou **MINERALISATION SECONDAIRE M2** aboutissant à des substances minérales telles que le NH_4^+ , Ca_2^{2+} , K^+ et autres. Ainsi apparaissent les différences entre la matière organique et l'humus. Les **matières organiques du sol** sont l'ensemble des substances carbonés provenant des débris végétaux, de déjections et de cadavre des animaux, et l'**humus** n'est qu'une partie de cette matière organique : la fraction colloïdale obtenue par synthèse microbienne et physico-chimique à partir de la matière organique végétale. (*Cours pédologie, 2004*)

Remarque : Cette seconde étape, à la fois biologique et physico-chimique (influence de la dessiccation par exemple) intervient sitôt la phase de prolifération microbienne. Il n'existe donc pas de séparation nette entre décomposition et humification, les deux phénomènes sont quasi-simultanés.

Ce processus de décomposition des matières organiques peut se résumer par le schéma 8 suivant.

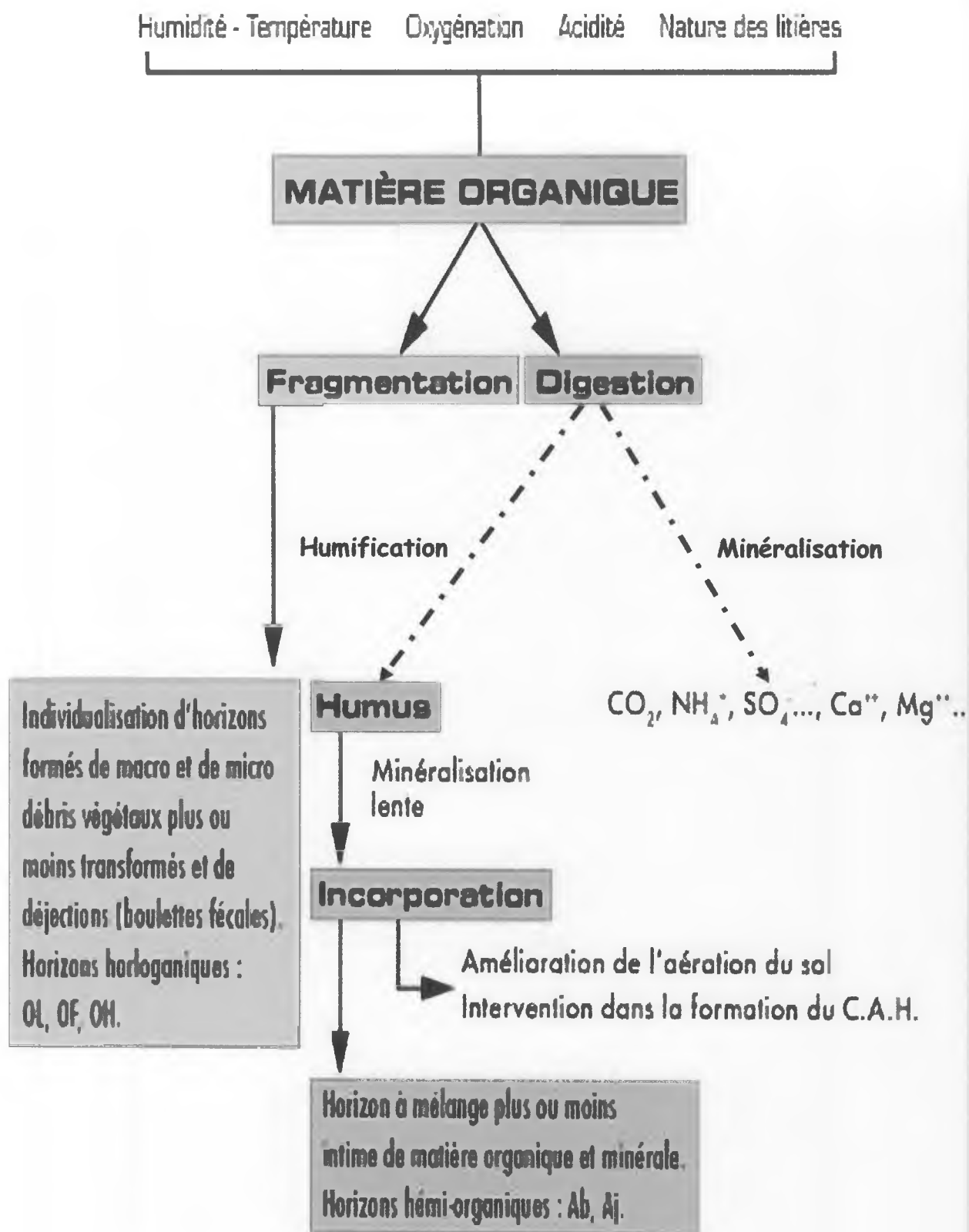


Schéma 8: Etape de l'évolution des matières organiques dans le sol

Source : [http://www.google.com/sol-matière organique](http://www.google.com/sol-matière%20organique)

Mais ce processus d'évolution des matières organiques dans le sol peut être aussi représenté d'une autre façon. (Figure 1)

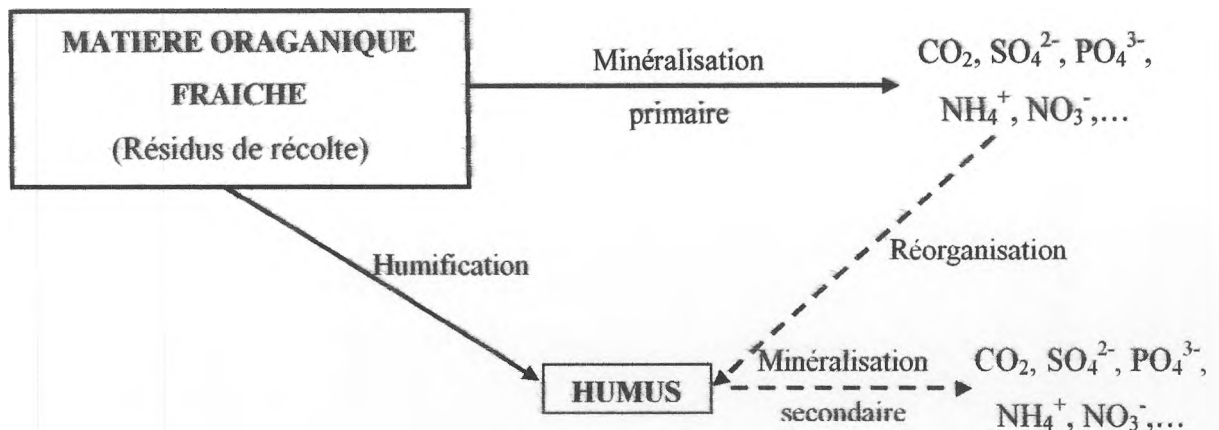


Figure 1: Décomposition de la matière organique fraîche : humification et minéralisation

Source : P. DUCHAUFOUR, 2001

3.2.3. Classification de l'humus

Selon le degré d'aération d'une part, et de l'activité biologique d'autre part, l'humus est classé par P. Duchaufour en 1970 en cinq types. in (RAMAROFIDY, 2006)

- **le mull** résulte de la décomposition rapide la matière organique. Le rapport C/N est faible, de 10 à 15 avec un pH faiblement acide à faiblement alcalin. Il existe une grande variété de mull à savoir le mull calcique, le mull forestier et l'hydro mull.
- **le moder** est un humus formé dans des conditions climatiques froides défavorables aux activités pédo biologiques intenses. Le rapport C/N est généralement entre 15 et 20 avec un pH acide de 4 à 5. Il existe aussi d'autres variétés de moder comme le moder alpin et l'hydromoder.
- **le mor** ou humus brut se forme sous climat froid et humide. Le rapport C/N est supérieur à 20 avec un pH fortement acide inférieur à 4,5. L'hydromor est un mor qui s'est formé par engorgement partiel du sol ralentissant les activités minéralisatrices.
- **l'anmoor** se développe en milieu alternativement saturé et exondé. La minéralisation est lente ce qui conduit à une accumulation importante de matière organique. A la différence de la tourbe qui est une matière organique à l'état pur, l'anmoor à ne pas confondre avec mor, est un mélange intime d'argile et de matière organique transformée et humifiée dont le taux ne dépasse pas 30 %. La structure est compacte, plastique, collante. Il caractérise les sols à gley dont la nappe d'eau peut s'abaisser en saison sèche. Il peut donc s'assécher.
- **les tourbes** se forment en milieu quasiment saturé par l'eau de façon permanente Leur pH oscille autour de la neutralité. Humus brut typique de milieux biologiquement peu actifs qui

s'accumule en surface en donnant un horizon A₀. La minéralisation est lente (rapport C/N > 20 voire 30). Caractérisé par une forte acidité et un taux de saturation < 10 %.

Pour que la plante puisse survivre, il faut avoir des éléments nutritifs, tels que l'azote, dont nous allons parler ci-dessous. Cet élément est obligatoire chez les végétaux.

3.3. L'azote

L'azote est un élément chimique non métallique de symbole N et de numéro atomique égal à 7. Il est présent dans l'atmosphère sous différentes formes et dans diverses proportions. A la différence du carbone, l'atmosphère est riche en azote. Sous forme N₂ (79%), mais peu d'organismes sont capables de l'utiliser. Biologiquement, le principal réservoir d'azote est constitué par l'azote organique (urée, protéine, acide nucléique) et minéral (ammoniac, nitrite et nitrate).

3.3.1. Source, importance et formes de l'azote

3.3.1.1. Source de l'azote

L'azote, bien que constituant fondamental de la matière vivante, ne forme que de 1 à 3 % de la matière sèche végétale. Les végétaux et les bactéries le puisent à trois sources (G. LEMEE, 1978) :

A. Fixation de l'azote atmosphérique

Etant constituant fort de l'atmosphère le végétal peut l'utiliser directement par l'intermédiaire des micro-organismes libres ou symbiotiques comme les Azotobacters (strictement aérobie et hétérotrophe), les Clostridium (anaérobies et hétérotrophes) et autres. Les Légumineuses seules sont capables de profiter indirectement de cette origine gratuite. Elles utilisent les bactéries symbiotiques du genre Rhizobium des nodosités. (Cours fertilisation, 2005)

B. Absorption de l'azote minéral

Source essentielle de l'azote pour les végétaux, l'azote minéral leur est fourni par les eaux météoriques, par l'apport d'engrais et surtout par la minéralisation biologique des matières organiques dans le sol. (G. LEMEE, 1978) (Schéma 9)

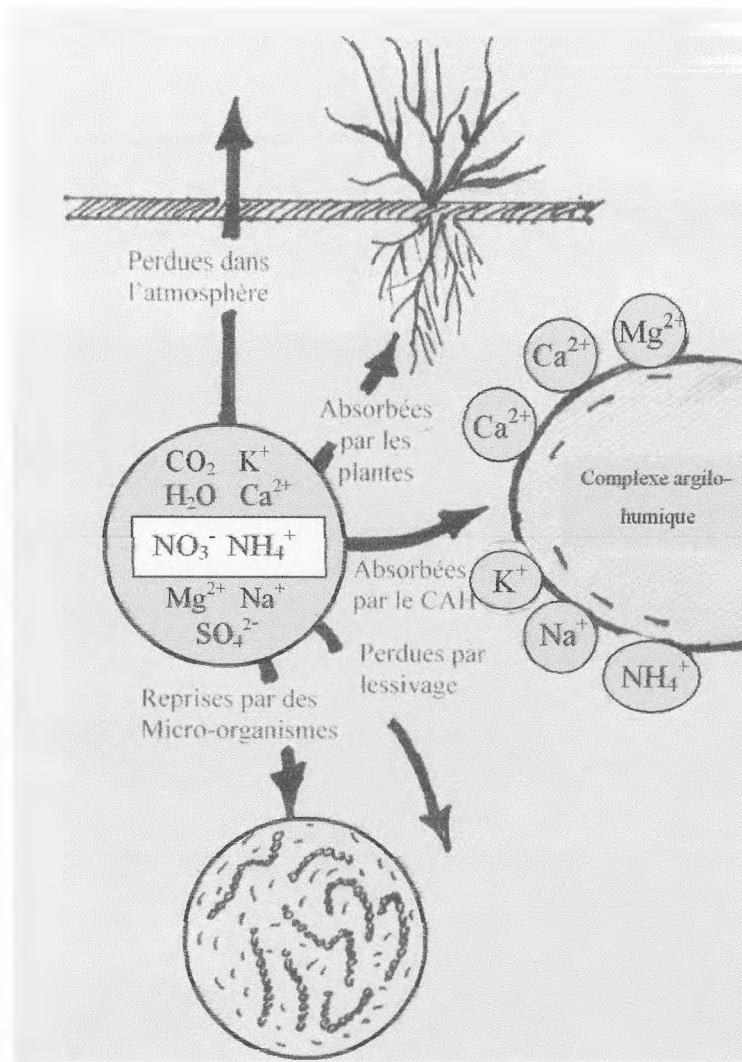


Schéma 9: Les cinq (5) destination des matières minérales sous forme d'ions après la phase de décroissance microbienne

Source : (Dominique SOLTNER, 24ème éd, 2005)

C. Stock d'azote organique du sol

Dans le sol, l'azote peut être stocké sous forme organique. Cette source se subdivise en trois étapes :

❖ Matière organique fraîche ou biomasse morte

La matière organique fraîche constitue le premier élément dans la constitution de la matière organique du sol. Elle se compose des résidus de récolte, des litières de feuille, des cadavres d'animaux et des déjections animales. Cette matière organique fraîche après sa dégradation et sa putréfaction par les micro-organismes du sol donne de la matière organique en cours de décomposition.

❖ Matière organique en cours de décomposition

Elle diffère de la matière organique fraîche par l'abondance de micro-organismes. Elle est plus ou moins reconnaissable du point de vue morphologique et anatomique. Elle est

caractérisée par une perte de poids qui est due à la volatilisation d'une partie de cette matière sous forme de molécules organiques solubles, d'ions minéraux libérés et de gaz carbonique (G. LEMEE, 1978) ; l'autre partie restante constitue d'une part la matière organique du sol, et une fraction plus stable, d'autre part.

❖ L'humus et les produits humiques

L'humus est un complexe de substances plus ou moins polymérisées et stable, de nature colloïdale et qui confère au sol des propriétés conditionnant sa fertilité (*Cours pédologie, 2004*). Il est de couleur brune ou noire et est présent dans le sol dans une proportion de 1 à 2% pour les sols agricoles. L'humus est le constituant le plus important du sol, car il constitue la source naturelle la plus importante en azote. (*Bliefert Pernaud, 2001*)

3.3.1.2. Importances de l'azote

L'azote est un élément essentiel à toutes les plantes. Il participe à la composition des protéines et en augmente le contenu des plantes fertilisées. De plus, il entre dans la composition de plusieurs enzymes, vitamines et dans celle de la chlorophylle et des alcaloïdes. (*R. Doucet, 1997*)

Extérieurement, les effets de l'azote sont plus prononcés que les autres éléments, car il stimule la formation de nouveaux cytoplasmes, base de la croissance.

Au niveau de la plante l'azote absorbé favorise :

- la multiplication cellulaire, donc intervient sur la croissance des tissus végétaux ;
- la synthèse de glucides par les chloroplastes ;
- le fonctionnement de la plante ;
- et la constitution des réserves azotées dans les graines.

Sur le plan agronomique, l'excès de l'azote entraîne des conséquences néfastes variable selon la culture, marquées par le retard de maturité dû à l'allongement excessif de la période végétative, la sensibilité plus grande des tissus aux maladies cryptogamiques et aux parasites des animaux, à la verse des céréales et au froid pour les espèces hivernales. (*Cours fertilisation, 2005*)

3.3.1.3. Formes de l'azote dans le sol

Etant un élément dans la constitution de la plante, l'azote conditionne la productivité des peuplements cultivés et peut se présenter sous deux formes dans le sol :

A. L'azote organique

Cette forme d'azote s'incorpore dans le sol en fonction de la vitesse de décomposition et des diverses réserves organiques du sol. Il est principalement stocké sous forme d'humus qui contient 5% d'azote (*R. DOUCET, 1997*). On distingue trois types de réserve d'azote organique :

- les réserves à minéralisation rapide : son temps moyen de résidence dans le sol est de l'ordre de 1 an. La matière organique est sous forme de « particules libres ». Le rapport C/N est faible de 15 à 20.
- les réserves à minéralisation progressive : elles sont composées d'amino-sucres, de composés labiles et des chaînes peptidiques d'acide humique. Elles résident en moyenne durant 25 ans.
- les réserves à minéralisation très lente : leur temps moyen de résidence est de l'ordre de plusieurs centaines d'années. Les composés azotés sont inclus dans les fractions condensées des acides humiques, des amides et des composés azotés hétérocycliques. Ces formes, de faible utilité pour la plante, sont plus souvent intégrées au sein des micros agrégats. (*P DUCHAUFOR, 2001*)

B. L'azote minéral

Il provient de la minéralisation biologique des formes organiques dites minéralisables. (*RAMAROFIDY, 2006*). Cette forme est directement assimilable par la plante, peut être soit cationique NH_4^+ et se trouve sous forme échangeable sous une forme soluble soit anionique NO_3^- .

3.3.2. Le cycle de l'azote

Le cycle de l'azote implique une série de transformations chimiques qui sont l'œuvre d'un petit nombre d'organismes spéciaux.

A cette transformation, la vitesse de la minéralisation de composés azotés organiques, par les microorganismes du sol jusqu'au stade de l' NH_4^+ et de NO_3^- dépend des conditions d'aération, de l'humidité, de la température et des réactions du sol. (*Cours fertilisation, 2005*)

Ce fait explique que, la quantité des composés minéraux de l'azote dans le sol, varie fortement de quelques traces jusqu'à 2 ou 3% de l'N total.

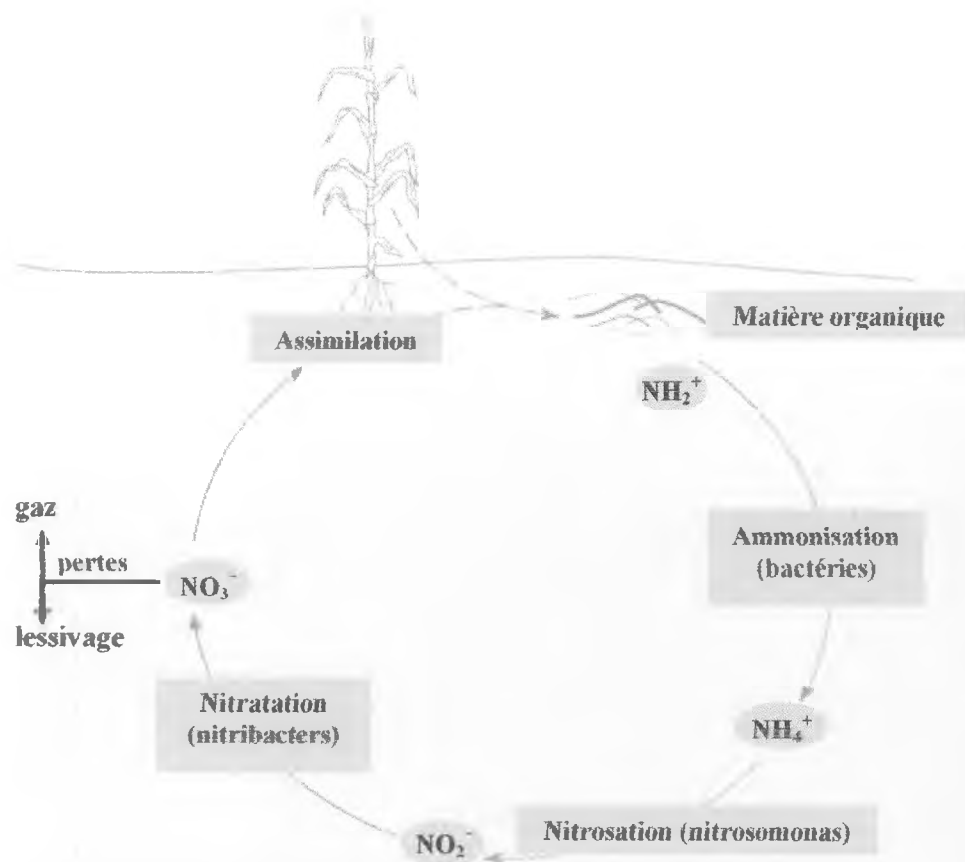


Figure 2: Cycle de l'azote dans le sol sous l'action de bactéries

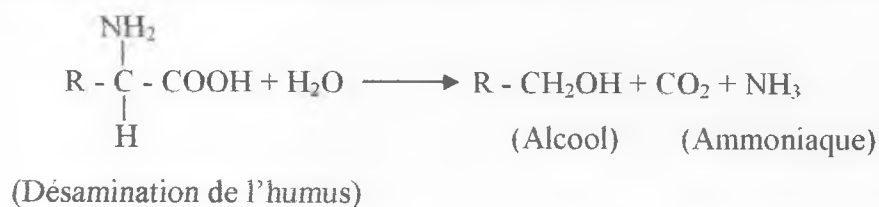
Source : R. Doucet, 1997

Dans ce cycle, il existe trois formes de transformation de l'azote dans le sol : l'ammonification, suivi de nitrification et après se termine par la dénitrification.

3.3.2.1. Ammonification

Le métabolisme des êtres vivants implique l'élimination de déchets azotés. Partiellement, les cadavres constituent une source de matière azotée organique. Plusieurs organismes hétérotrophes, bactéries, actinomycètes et champignons, vivant de ces substrats organiques en libérant de l'azote inorganique (NH_4^+). Ce processus s'appelle ammonification, où l'énergie est utilisée par les bactéries. (R. Barbault, 2000)

Exemple de réaction de l'ammonification (Cours fertilisation, 2005) :



Certaines plantes peuvent utiliser directement l'azote ammoniacal (NH_4^+) comme nourriture, mais, en général les plantes doivent attendre sa nitrification.

3.3.2.2. Nitrification

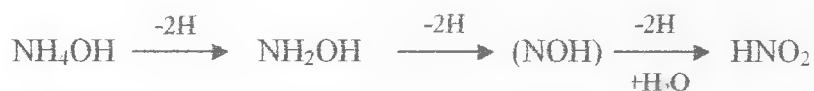
Dans le sol, l'azote ammoniacal subit la nitrification. La plupart des organismes ne peuvent utiliser l'azote sous forme d'ammonium, ce qui fait que, ce dernier doit être transformé en nitrate. L'essentielle de la transformation d'ammoniac en nitrate est l'activité des microorganismes autotrophes qui tire toute leur énergie de cette oxydation, deux groupes se partagent cette tâche : l'un le groupe de *Nitrosomonas* qui oxyde l'azote ammoniacal en azote nitreux (NO_2^-) et l'autre celui de *Nitrobacter* qui oxyde le NO_2^- en azote nitrique (NO_3^-).

A. Nitrosation

La nitrosation est la conversion de l'ammonium (NH_4^+) en nitrite (NO_2^-). Sa réaction globale s'écrit :



En fait, l'oxydation s'effectue en trois étapes à chacune desquelles il y a une perte de $2 e^-$ et de 2 protons



(Hydroxylamine) (Nitroxyle) (Acide nitreux)

B. Nitratation

Le nitrate est la conversion du nitrite (NO_2^-) en nitrate (NO_3^-). Sa réaction globale est montrée ci-dessous.



(Nitreux) (Nitrate)

Ce processus correspondrait à une deshydrogénation de l'ion NO_2^- qui se trouve sous forme hydratée.



(Cours fertilisation, 2005)

3.3.2.3. Dénitrification

On appelle dénitrification la réduction microbienne des nitrates dans le sol. Ces bactéries anaérobies décomposent l'azote nitrique en azote plus simple et en principe le réduisent en azote moléculaire libre N_2 ou en oxyde d'azote dans le sol (R. DOUCET). Les produits de cette dénitrification sont des produits volatiles.

La réaction globale de cette réduction se déroule en deux stades :



HNO_2 : acide nitreux



$(\text{HNO})_2$: acide hypo nitreux

(RAMAROFIDY, 2006)

3.3.3. Mécanisme de l'absorption de l'azote (D. SOLTNER, 4^e éd, 2005)

L'absorption par la plante de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique donne lieu à des interactions ioniques de sens opposé. NH_4^+ est antagoniste de K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} . Un excès d'engrais ammoniacal peut provoquer une carence ou plutôt un blocage d'absorption de ces éléments. Un phénomène particulièrement spectaculaire sur le maïs trop abondamment fertilisé au lisier. Inversement une addition Ca^{++} peut diminuer la toxicité de l'ammonium.

NH_4^+ favoriserait plutôt l'absorption des ions PO_4^{3-} , qui gêne au contraire l'absorption de NO_3^- , le pH élevé favorise l'absorption de ce cation et a pour conséquence un abaissement du pH (action acidifiant des engrais ammoniacaux).

NO_3^- en tant qu'anion, favorise la pénétration des cations, principalement celle de K^+ , en pH faible, l'absorption de cet anion est favorisée et a pour conséquence une remontée du pH.

L'étude du profil racinaire en prenant, en compte la dégradation des résidus de récolte est un bon outil de pallier à des problèmes qui se posent au niveau de l'alimentation des plantes. Cette étude a requis différents matériels et méthodes dont nous en allons parler dans la partie suivante.

*DEUXIEME PARTIE : Cadre de l'étude,
matériels et méthodes*

Chapitre premier : Cadre de l'étude

1.1. Présentation de la zone d'étude

1.1.1. Localisation

1.1.1.1. Limite administrative

Notre zone d'étude se trouve dans la région du Vakinankaratra, plus précisément au sein de la commune rurale d'Andranomanelatra. Cette région fait partie des Hautes Terres, située dans l'ex province d'Antananarivo et se trouve à la frontière de cinq autres régions : Analamanga, Amoron'i Mania, Menabe, Alaotra Mangoro et Bongolava. Elle s'étend sur une superficie de 19 205 km², et constituée de sept districts : Ambatolampy, Antanifotsy, Faratsiho, Antsirabe I, Antsirabe II, Betafo (P.D.R, 2005). (Voir carte 1) et Mandoto.

La commune rurale d'Andranomanelatra s'étend sur une superficie de 164 km², se situe dans le district d'Antsirabe II, et est formée par 14 Fokontany. (P.C.D., 2003)

1.1.1.2. Limite géographique

Sur la route nationale N° 7, Andranomanelatra se localise à 16 Km au Nord d'Antsirabe (chef-lieu la région), à une altitude de 1628 m (Voir carte 2). Elle se situe à la longitude Est 47° 06' et à la latitude Sud 19° 47'. (U.P.D.R., 2003)

1.1.2. Milieu physique

1.1.2.1. Climat

Le climat de la région est de type « tropical d'altitude » dans les parties de l'Est et du centre (Antanifotsy, Antsirabe I et II, Faratsiho et Ambatolampy). L'année comporte deux saisons bien individualisées :

- une saison pluvieuse et moyennement chaude, de Novembre à Mars ;
- et une saison fraîche et relativement froide, d'Avril à Octobre. (U.P.D.R., 2003)

A. Température

La région du Vakinankaratra est caractérisée par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 20°C. Dans les parties élevées de l'Est et du Centre, les températures moyennes annuelles se situent autour de 13°C, celles du Moyen-Ouest se situent aux environs de 21°C. (U.P.D.R., 2003)

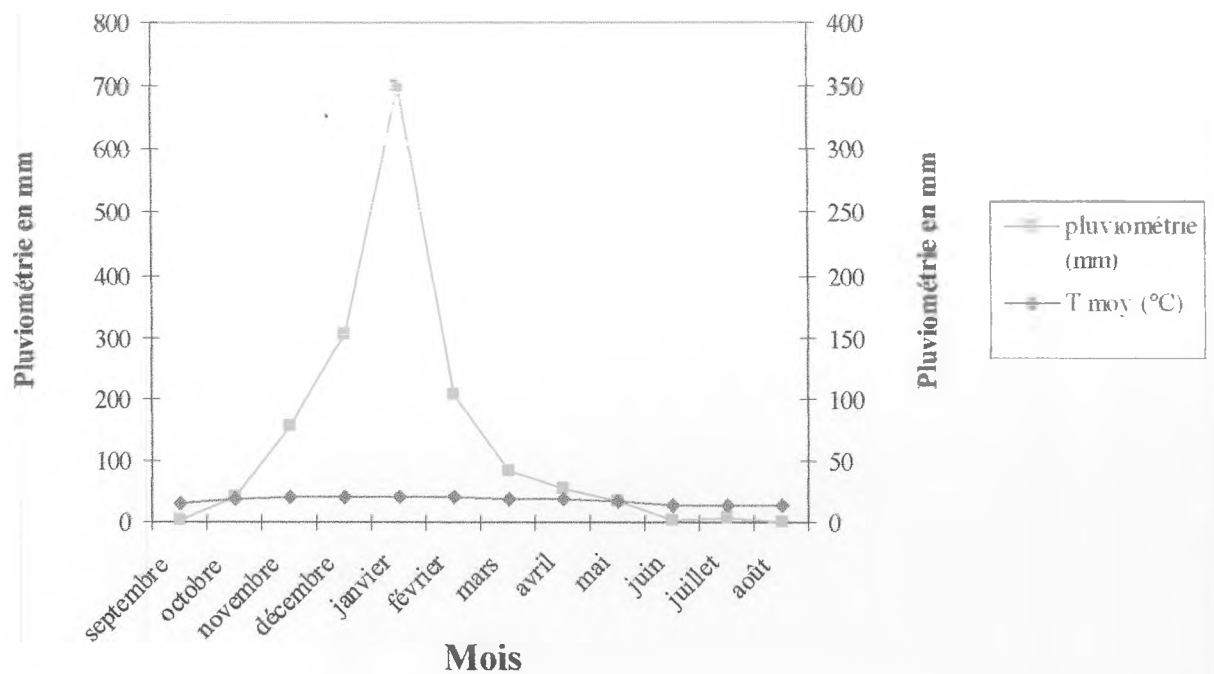
Selon la station météorologique CIMEL à Andranomanelatra, moyenne de cinq années, depuis 2003 jusqu'au 2007, la température moyenne annuelle de cette commune est de 17°C. Dont la plus basse est de 12,9°C au mois de Juillet, par contre la plus haute est de 19,6°C au mois de Janvier et Février. Prenons la campagne 2006-2007, cette température moyenne annuelle est de 17,1°C. Avec laquelle, la plus basse est de 12.8°C au mois de Juin, et la plus haute est de 20°C au mois de février. (Annexe III)

B. Pluviométrie

Dans la région, la moyenne des pluies annuelles serait à titre indicatif de 1505,9 mm en 109 jours. La quantité des précipitations est alors probablement importante avec un maximum de 1952 mm dans 122 jours à Faratsiho et un minimum de 1335,3 mm en 116 jours à Antanifotsy. Annuellement, au point de vue de quantité des précipitations, la pluviométrie ne présente pas de grande différence sur les statistiques de 20 ou 30 ans, c'est la répartition dans l'année qui comporte parfois des mois secs trop longs au début de la saison, ne permettent pas ainsi un bon démarrage de la campagne agricole, surtout pour le rizicultures de bas fond. (U.P.D.R., 2003)

Cas d'Andranomanelatra par la station ci-dessus, la quantité des précipitations annuelles varie de 900 à 2000 mm, la moyenne étant de 1300 mm. (RANARISON V., 2005). Mais pour la campagne 2006-2007, cette précipitation annuelle est de l'ordre de 1586,5 mm. (Annexe III)

Dans cette commune, la répartition de cette température et précipitation est présentée par la courbe 1 ci-après.



Courbe 1: Courbe ombrothermique de la commune rurale d'Andranomanelatra, campagne 2006-2007

Source : Station CIMEL Andranomanelatra, 2007

C. Vent

La région est rarement touchée par des perturbations tropicales. L'abondance des pluies pendant le passage des cyclones sur les Hautes Terres risque pourtant de provoquer l'inondation des parties basses et l'érosion des bassins versants. (U.P.D.R., 2003)

1.1.2.2. Géologie et sol

A. Géologie

La géologie de la région du Vakinankaratra est généralement constituée de :

- volcanisme néogène à quaternaire de l'Ankaratra ;
- série schisto-quartzo-calcaire du sud.

Dont il y a trois formations :

- ✓ les massifs quartziques qui sont les roches sédimentaires (sables) ayant subi une métamorphisation ;
- ✓ les massifs granitiques généralement dispersés sur la bordure occidentale du massif volcanique de l'Ankaratra dans l'Ouest et dans le Sud, le relief sur socle ferrallitique squelettique ;
- ✓ les cuvettes.

Les cuvettes lacustres sont dues à des activités volcaniques : des coulées de laves ayant obturé des vallées et engendrent ainsi les lacs. Certaines cuvettes étaient autrefois reliées entre elles. Ces zones d'alluvions lacustres généralement fertiles jouent un rôle important dans l'occupation humaine. (U.P.D.R., 2003)

B. Sol

En matière de pédologie, la région du Vakinankaratra est marquée par la dominance de deux types de sols :

- les sols ferrallitiques couvrant une grande partie de la région. Ils sont d'évolutions très diverses, pouvant porter du maïs, du manioc et peuvent se prêter à la culture de pommes de terre et à l'arboriculture.
- les sols alluvionnaires, constituant les bas-fonds portent en plus du riz et des cultures de contre saison. (U.P.D.R., 2003)

Le sol d'Andranomanelatra a été classé par Zebrowski et Ratsimbazafy en 1979 comme un sol ferrallitique fortement désaturé, typique, rajeuni et humifère sur matériaux volcaniques acides et par Raunet en 1981 comme un sol ferrallitique gibbsitique fortement désaturé, rouge ou ocre, sur alluvions volcano-lacustres. (RAZAFIMBELO T., 2005)

1.1.2.3. Végétation et environnement

La région du Vakinankaratra est caractérisée par une faible superficie couverte de forêt primaire. La dégradation est telle qu'il ne reste plus que quelques lambeaux de forêt dans la région. Dans les bas-fonds, on rencontre des marais à juncs et parfois à Viha, quelques vestiges de forêts galeries qui sont en voie de disparition.

La dégradation de l'environnement du fait de la déforestation, feux de brousse successifs augmentant les coefficients de ruissellement de bassins versants et réduisant le taux d'infiltration, a des conséquences négatives sur l'agriculture :

- d'une part, en augmentant les risques d'inondation pour un même quantité de pluies ;
- d'autre part, en réduisant les périodes d'écoulement des rivières qui normalement jouent le rôle d'appoint pour le démarrage d'une campagne en cas de retard des premières pluies utiles.

(U.P.D.R., 2003)

1.1.3. Secteur agricole (U.P.D.R., 2003)

1.1.3.1. Agriculture

L'Agriculture, comme dans tout Madagascar, constitue l'activité principale de la région. En effet, les conditions agro-climatiques et humaines permettent une vaste gamme de cultures. Il y a deux types de culture dans cette région :

- le premier type caractérisé par la présence de cultures telles que le haricot, pomme de terre et patate. Ce type de culture concerne les districts de Betafo et de Faratsiho ;
- le deuxième type où les cultures sèches et le riz sont représentés à parts égales, notamment pour les districts d'Antanifotsy et d'Antsirabe II.

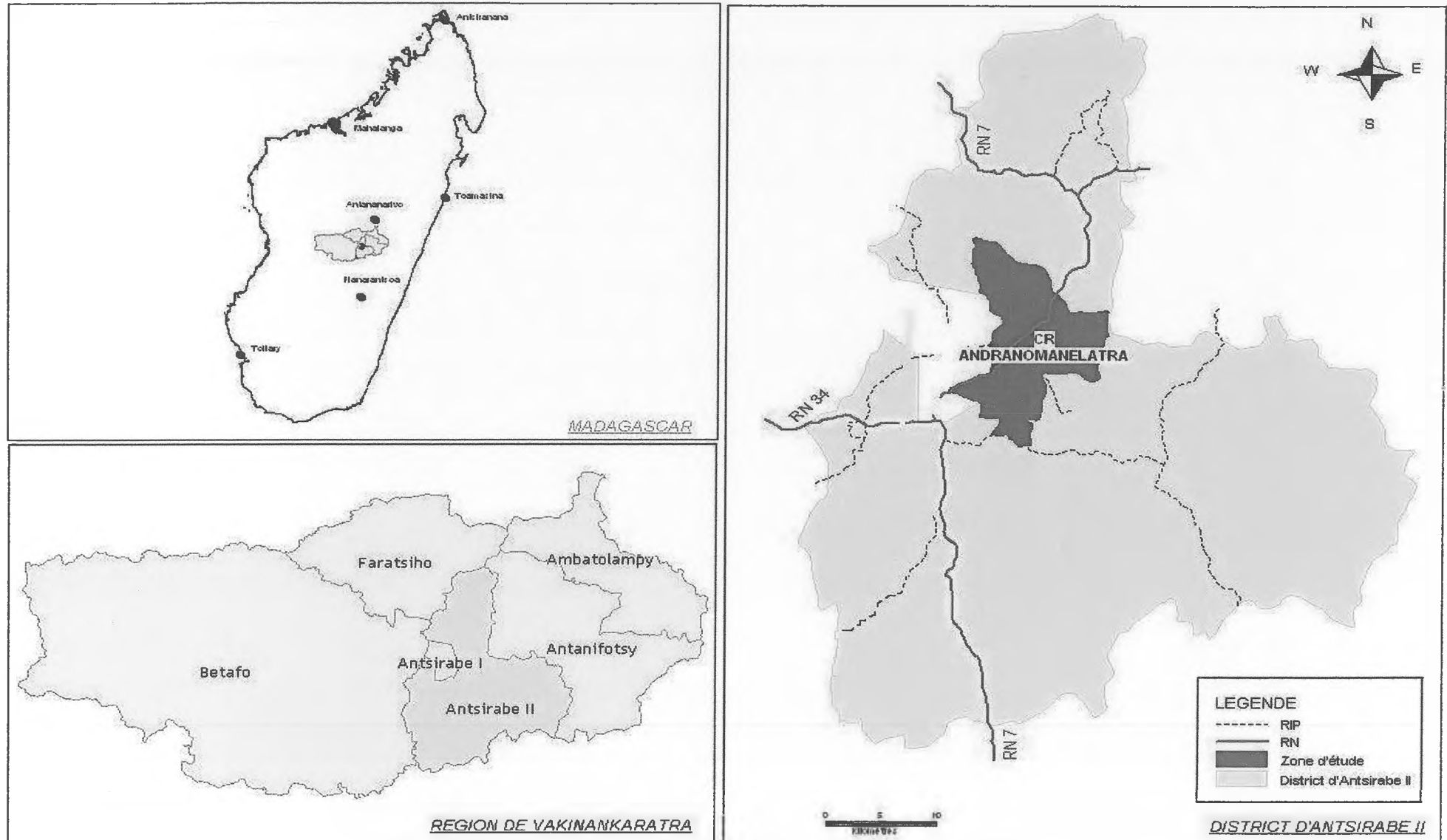
1.1.3.2. Elevage

Concernant l'élevage, il se répartit de façon presque équitable entre les bovins et les porcins. Les caprins et ovins étant presque inexistant. Deux zones d'élevage peuvent être distinguées dans la région :

- la zone Ouest, à vocation d'élevage bovin extensif et est surtout un lieu de polarisation commerciale des zébus ;
- la zone laitière constituée essentiellement d'Antsirabe II, Antanifotsy et Faratsiho.

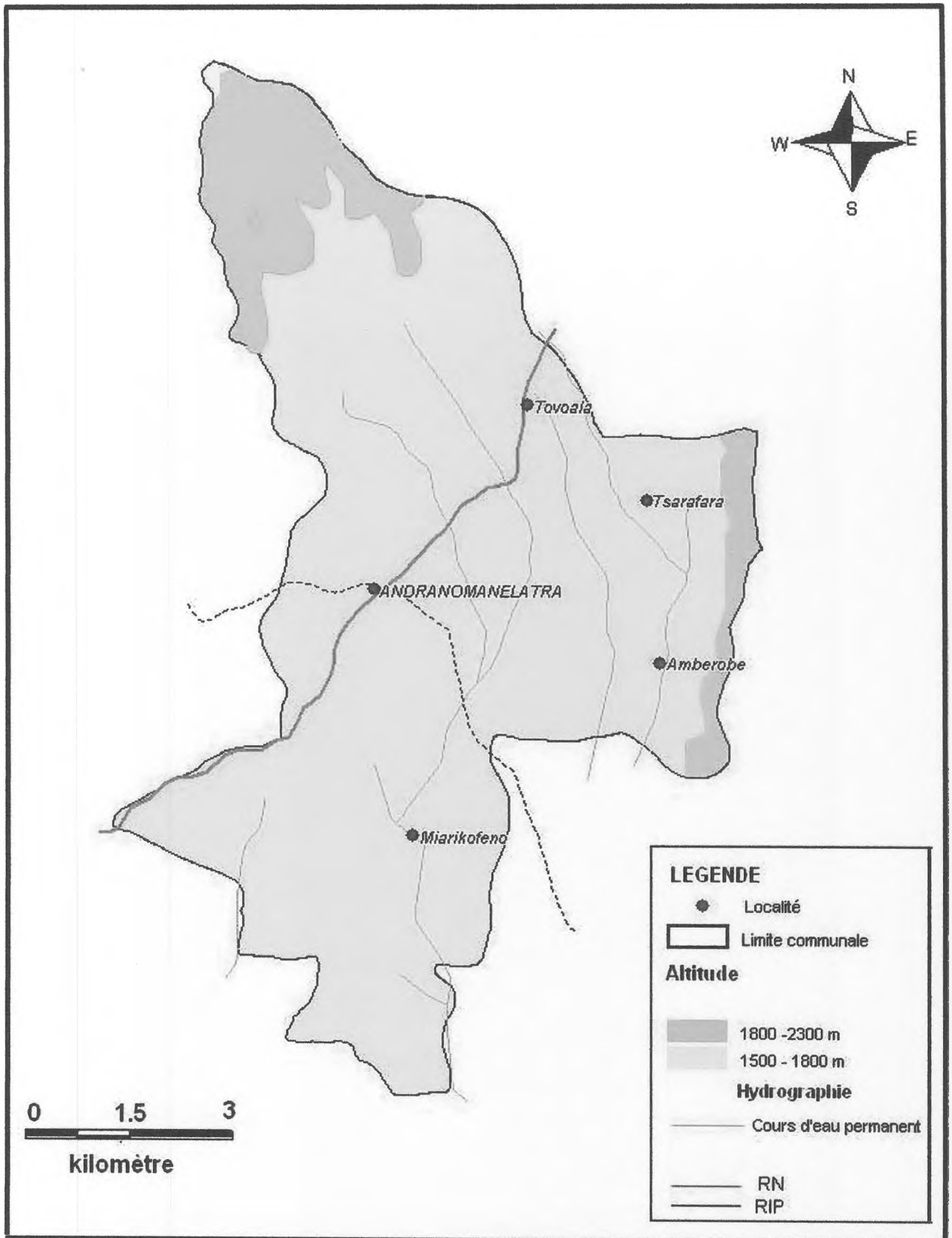
Dans la région du Vakinankaratra, région à longue tradition laitière grâce à son climat, sa topographie et à l'intervention de plusieurs opérateurs, sauf au niveau des grands opérateurs où l'élevage est très intensif, l'élevage est de type traditionnel. Les animaux sont parqués sur les hauteurs, là où l'extension de l'activité agricole a encore laissé un peu de place. L'herbe, relativement abondante en saison de pluie, est renforcée par des feuilles de patate, de paille de riz, du maïs suivant les saisons et les disponibilités de l'exploitation. En saison sèche, l'herbe est courte et les matières premières pour l'alimentation coûtent chères, entraînant la sous-alimentation des troupeaux.

Voici les cartes 1 et 2 qui montrent la localisation et la topographie de la commune rurale d'Andranomanelatra.



Carte 1: Localisation de la commune rurale d'Andranomanelatra

Source : BD 500, Map info



Carte 2: Topographie de la commune rurale d'Andranomanelatra

Source : BD 500, Map info

1.2. Problématique, objectifs et hypothèses

1.2.1. Problématique

En S.C.V, la présence permanente d'un paillis protecteur de résidus modifie les termes du bilan hydrique de la culture, car l'infiltrabilité d'un sol est généralement élevée et se traduit par une réduction du ruissellement et de l'érosion. Ce supplément d'eau disponible peut s'avérer favorable à la culture principale, plus particulièrement durant d'éventuelles périodes sèches.

Pourtant, en climat plus humide, cette eau supplémentaire peut se traduire par une augmentation de l'eau drainée (Eric Scopel et al, 2004). Ce drainage représente en outre un avantage en ce qui concerne la réalimentation des nappes phréatique mais à partir du moment où cette eau drainée échappe à la zone prospectée par les racines de la plante, elle représente également une perte pour l'agro-système. Ce flux intervient principalement vers le début du cycle cultural et pourrait jouer un rôle déterminant sur la lixiviation du stock d'azote résiduel au début de la saison de culture (Reyes V., 2002.).

Ceci renforce l'importance pour la pratique des SCV sous ces climats, de l'introduction de plantes de couverture à enracinement rapide et profond, capables de prélever une partie de l'eau drainée et des nitrates lixiviés en dessous du niveau atteint par les racines de la plante principale (Eric Scolpel et Coll., 2005)

Au sein du dispositif de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra, le suivi de la dynamique de l'azote dans le profil cultural mené antérieurement a mis en évidence que le sol est fourni en azote minéral. En relation avec ce dernier, le problème se pose : **« une grande partie de cette quantité importante d'azote se concentre en profondeur, hors des zones racinaires des plantes cultivées. On assiste donc à un phénomène de perte d'azote par drainage et lessivage. La plante ne profite pas ainsi réellement de la disponibilité de cet azote. »**

1.2.2. Objectifs

1.2.2.1. Objectif général :

Ce stage s'est fixé comme objectif de comparer la faculté de recyclage des minéraux des plantes de couverture en vue de réduire les pertes d'azote de tous ordres, notamment celle par drainage et lessivage, susceptible de polluer la nappe phréatique en nitrate, d'une part et de les rendre plus disponibles à la plante cultivée suivante, d'autre part, afin d'optimiser sa nutrition azotée.

1.2.2.2. Objet du stage :

Le stage consiste :

- ✚ à observer le profil racinaire des plantes de couverture, en vue de déterminer leur profondeur d'enracinement et leur densité racinaire ;
- ✚ à effectuer un suivi de la dégradation des résidus de ces plantes de couverture ;
- ✚ et à analyser ultérieurement la teneur en azote et carbone des résidus.

1.2.3. Hypothèse

L'azote est indispensable à la vie de la plante, son absence est néfaste. Il est nécessaire à tout le stade de cette dernière : jeunesse, croissance, et mise en réserve. La non assimilabilité par les plantes de cet élément est due à plusieurs facteurs : voyons le cas de drainage et lessivage par la forte pluviométrie. Alors les plantes de couverture avec leurs biomasses racinaires très fortes, descendent en profondeur et peuvent aérer le sol et recycler l'azote de l'horizon profond vers la surface.

Dans cette étude l'hypothèse que nous envisageons de mener, se propose de :

- ✚ Vérifier la capacité des plantes de couverture à enracinement rapide et plus profond que le riz (*brachiaria*, maïs) de prélever une partie de l'eau drainée et des nitrates lixiviés en dessous du niveau atteint par les racines du riz.
- ✚ et suivre la dégradation des résidus. Considérant qu'en se dégradant et se minéralisant, les résidus de ces plantes restituent au sol les éléments minéraux qu'elles ont prélevés dans les horizons profonds du profil cultural, pour les rendre disponibles à la plante cultivée suivant.

1.3. Contexte institutionnel de l'étude

Notre étude s'est réalisée au sein de l'Unité de Recherche en Partenariat Système de Culture et Riziculture Durable (URP/SCRiD) qui associe trois institutions : le Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), le Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (CENRADERU), appelé aussi FOFIFA et l'Université d'Antananarivo.

1.3.1. URP/SCRiD

Cette unité a été créée en 2004 suite au Pôle de Compétence en Partenariat sur les « Systèmes de Culture et Rizicultures Durables (PCP/SCRiD), née fin de 2001 de la volonté du FOFIFA et du CIRAD, afin de renforcer leur coopération pour assurer l'accompagnement agronomique et économique de ces évolutions. Les zones d'intervention de l'URP sont Moyen-Ouest, Lac Alaotra et Hautes Terres, notamment la région du Vakinankaratra.

Le portefeuille de projet de l'URP comporte 24 projets regroupés dans 8 idées de recherche réparties elles-mêmes dans les 3 grandes thématiques suivantes :

- ↓ déterminer les mécanismes et les conditions de transformation du milieu biophysique par les systèmes S.C.V. ;
- ↓ optimiser la riziculture pluviale en S.C.V. par une diversification des solutions techniques ;
- ↓ analyser des conditions d'intégration des innovations riz pluvial dans les systèmes de production paysans et dans la filière riz malgache.

1.3.1.1. FOFIFA

Le Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (FOFIFA) a été créé en 1974, c'est la principale institution de recherche agricole du Système National de recherche Agricole à Madagascar.

Ce centre a pour mission de :

- mettre en œuvre la politique nationale de recherche en matière de développement rural ;
- définir, orienter, promouvoir, coordonner et capitaliser toutes les activités de recherche sur la production végétale : la riziculture, les cultures d'exportations traditionnelles, la foresterie, la production animale et la pisciculture, l'hydraulique, le machinisme agricole et les études socio-économiques sur l'analyses des impacts.

1.3.1.2. CIRAD

Le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) est un organisme scientifique. Il y a autant de domaines à savoir : l'agriculture, l'élevage, la foresterie, la gestion des ressources naturelles et l'agroalimentaire forment se activités.

Comme mission, ce centre vise à contribuer au développement durable des pays tropicaux et subtropicaux) par le biais des recherches, des expertises, des réalisations expérimentales, des actions de formation, de l'information scientifique et technique. Plus précisément pour la riziculture, ses objectifs sont de produire plus pour répondre à des besoins alimentaires croissants, de préserver les ressources naturelles de la planète et de mettre en place une riziculture durable.

1.3.2. G.S.D.M.

Le Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) est une association nationale sans but lucratif régie par l'ordonnance 60-133 du 3 Octobre, créé en 2002.

Il est composé des organismes de recherche et centres d'expérimentation suivants :

- le FOFIFA ;
- le Centre de Développement Rural et de Recherche Appliquée (FIFAMANOR) ;
- l'ONG Tany sy Fampanandrosoana (TAFA);
- l'Association Nationale d'Actions Environnementales (ANAE) ;
- le Centre d'Expérimentation et de Diffusion en Aménagement de Tanety (FAFIALA) ;
- la Compagnie Bas Rhône Languedoc Madagascar (BRL) ;
- le SdMad et tant d'autres institutions.

Le GSDM a pour mission :

- d'assurer la coordination des activités des ses membres et de la capitalisation en matière agro-écologique ;
- d'appuyer la promotion et la coordination de la recherche ;
- de coordonner la diffusion notamment au niveau méthodologique ;
- d'assurer le suivi-évaluation de la promotion des techniques agro-écologiques mises en œuvre par ses membres et enfin
- de promouvoir par l'information écrite et/ou audiovisuelle la formation et toutes autres actions et manifestations appropriées (colloques, journées d'étude, conférence et autre), le transfert des connaissances et des résultats afin de mettre l'expertise nationale en la matière à la disposition des acteurs du développement.

Le GSDM est financé principalement par l'AFD

1.3.3. Dispositifs expérimentaux de la matrice de l'URP/SCRiD

Il se trouve à Andranomanelatra, c'est le dispositif central de l'URP / SCRiD dans le Vakinankaratra. Il a été mis en place en fin 2002 sur une surface totale de 3ha et 20 ares, les essais en annexes sont mis à part. Le dispositif a été conçu pour une approche multidisciplinaire : évaluation agronomique, sélection variétale, suivis en entomologie et phytopathologie. Sur la matrice de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra sont testés et comparés les 6 systèmes suivants :

- le système R1 : Riz/Avoine-haricot-Ray-grass
- le système R2 : Riz-vesce/haricot-éleusine+vesce.
- le système R3 : Riz/maïs+brachiaria.
- le système R4 : Riz-vesce/maïs+soja-vesce.

- le système Rp : Riz/maïs+haricot.

- le système T : Riz-vesce/haricot-avoine

Le système (Rp), considéré comme un témoin de la pratique paysanne, est conduit seulement en labour

Les systèmes (R1) et (R3), par contre sont conduits uniquement en semis direct sous couverture végétale car ils comportent une couverture vive permanente annuelle (*Ray grass* ou *Brachiaria ruziziensis*), en rotation avec une riziculture sur couverture morte. Ces 2 systèmes se caractérisent par la présence d'une plante dite pompe biologique se développant pendant et après le cycle de culture

Les systèmes (T) et (R4), quant à eux sont conduits selon 2 modes de gestion du sol (Labour conventionnel et semis direct sous couverture végétale)

Le dispositif est géré de telle sorte qu'on retrouve chaque année, les deux spéculations de chaque rotation. Ainsi, pour les systèmes (T), (R1), (R2) et (R4), on distingue un premier cycle de culture s'étalant de Novembre à Avril et un second cycle de culture, installé :

➤ soit en succession dérobée avec les cultures de premier cycle (cas de l'avoine-vesce en système (T), haricot-*Ray-grass* en (R1), haricot-éleusine en (R2) et soja-vesce en R4) ;

➤ soit en association dans la même année avec les cultures de premier ou de second cycle (cas du maïs/soja du (R4) et de l'éleusine/vesce de (R2).

Tous les systèmes sauf (Rp) sont conduits avec 2 niveaux de fumure (Fu : fumier de ferme 5t/ha et FM : fumier 5 t/ha plus fertilisation minérale fournie par de l'engrais complexe ternaire N-P-K 11-22-16 à la dose de 300kg/ha puis de la dolomie à raison de 50kg/ha.) Pour les graminées, un apport fractionné en 2 apports d'une dose de 100kg /ha d'urée 46% est également effectué.

On distingue donc dans ce dispositif central d'Andranomanelatra de 15 systèmes, répétés 4 fois au hasard en blocs complets.

Parmi ces systèmes existants, nous avons particulièrement les 2 systèmes R3 et R4, ayant reçu une fertilisation FM.

1.3.3.1. Modes de gestion du sol

Comme définition, le mode gestion des sols est l'ensemble des manières dont on exploite le sol sur une parcelle bien définie. Il s'agit soit du *semis direct sans travail de sol sous couverture végétale* (SD) ou le *travail de sol par labour* (Lab)

❖ Le système R3, constitue par une succession de *Maïs/brachiaria-riz*, c'est-à dire une rotation à dominance de graminées, est conduit seulement en **semis direct sans travail du sol** (SD).

Dans ce système, donc, le riz est en rotation annuelle avec du maïs associé au *Brachiaria ruzisiensis* en culture intercalaire. Le maïs est considéré comme une culture importante dans la région du Vakinankaratra tandis que le *Brachiaria* est choisi pour son potentiel à produire de la biomasse, un excellent fourrage, et surtout pour sa capacité d'assurer un labour biologique du sol par ses puissants systèmes racinaires, capables de mobiliser en profondeur, les éléments minéraux lessivés et également d'améliorer la structure des sols. Ce qui permet d'offrir au riz pluvial suivant, une bonne macroporosité.

❖ Le système R4 constitué par une succession du *Maïs/soja-vesce-riz*, c'est à dire une rotation où deux cultures de légumineuses (le *soja* et la *vesce*), ont été introduites. Ce système a été conduit suivant 2 modes de gestion du sol : le **en semis direct** (SD) et le **labour** (Lab).

Pour ce système, le riz pluvial est en rotation annuelle avec du maïs associé à du soja en culture intercalaire, suivi de la vesce en dérobée. Comme pour le système R3, l'adoption du maïs a été guidée par l'importance de cette spéculacion dans la région du Vakinankaratra. Le soja, quant à lui, a été choisi pour jouer son rôle de légumineuse, améliorateur de la fertilité du sol, notamment en azote. La vesce, enfin a été introduite dans le système, surtout pour assurer le rôle de pompe et de labour biologique du sol, à l'instar du *brachiaria* sur le système R3.

Dans le cadre de cette étude, nous avons particulièrement, d'une part, observé les profils racinaires des plantes de couverture, à savoir, le *Maïs/brachiaria* en R3 et le *Maïs/soja* en R4, et d'autre part, suivi la dégradation des résidus de ces plantes de couverture.

1.3.3.2. Fertilisation

Les fertilisations appliquées aux systèmes R3 et R4 dans notre étude sont :

✓ **FM** : constituée de fumure organique de 5 t/ha, de dolomie à 500 kg/ha pour corriger l'acidité du sol ferrallitique peu favorable aux plantes et permettre une plus grande libéralisation des éléments nutritifs du sol ainsi que l'activation de la microfaune, et enfin de l'engrais composé NPK 11-22-16 avec une dose de 300 kg/ha. En plus, 100kg/ha d'urée perlée 46% sont apportés en deux apports vers le début du tallage et de l'initiation paniculaire.

✓ **Fu** : constituée uniquement, par 5t/ha de fumier de parc, apporté en localisé dans le poquet de semis, au moment de l'installation de la culture.

Pour ces 2 systèmes R3 et R4 que nous avons suivi, une fertilisation **FO** : sans apport ni de fumure organique, ni de fertilisation minérale, pour servir de traitement témoin permettant d'évaluer l'effet des résidus de récolte, en couverture. .

1.3.3.3. Conduite générale de l'expérimentation

Pour préserver les cultures des attaques éventuelles des insectes terricoles, la semence de riz est enrobée par du Gaucho, insecticide en poudre, à la dose de 2,5g/kg de semence pour le riz et de 5g/kg celle du maïs, tandis que le sol est traité par du Carbofuran, insecticide granulé, à la dose de 6kg/ha. Des désherbages et herbicides fréquents sont aussi faits dès la préparation du milieu de culture, au semis et jusqu'au remplissage des grains. La récolte pour chaque parcelle est faite manuellement avec des faucilles et le battage avec une batteuse à pédale.

Le plan du dispositif de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra, est présenté sur le schéma 3 ci-après.

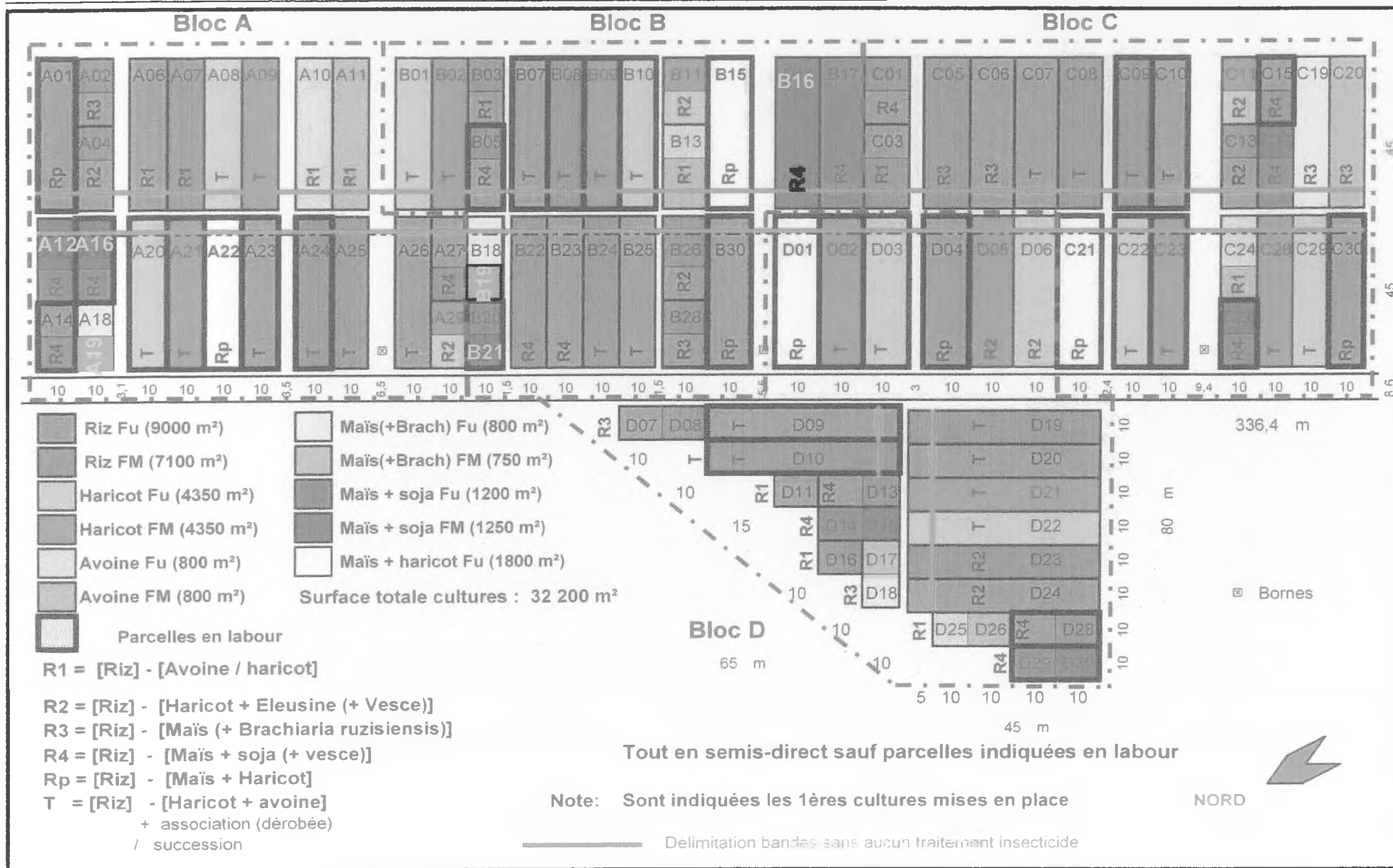


Schéma 10: DISPOSITIF PCP-URP SCRiD/(ARO'S) à ANDRANOMANELATRA Campagne 2006-2007

Source : URP SCRiD, 2007

Chapitre II : Matériels utilisés

Après avoir rappelé le cadre de l'étude et le dispositif expérimental, nous allons présenter les matériels utilisés pour la réalisation de cette étude. Ils sont de deux types différents : les matériels biologiques et les équipements de la recherche.

2.1. Matériels biologiques

Les matériels biologiques utilisés sont les Graminées et les Légumineuses.

2.1.1. Les graminées

Les graminées sont une vaste famille de plantes à fleurs monocotylédones à feuilles engainantes et à tiges creuses. Elle comprend 635 genres et 9 000 espèces, ce qui la place en quatrième position derrière les familles des Légumineuses, des Orchidacées, et des Composées. Toutes les céréales cultivées dans le monde sont des graminées, à l'exception du sarrasin. Les graminées représentent la source de nourriture principale pour l'humanité, des herbivores domestiques et sauvages, fournissant pâturages, foin et ensilage. On l'utilise également pour la fabrication du papier. (*Microsoft Encarta, 2005*)

Dans la présente étude, les matériels végétaux utilisés dans cette famille sont : le riz (*Oryza sativa*), le maïs (*Zea maïs*) et le brachiaria (*Brachiaria ruziziensis*).

2.1.2. Les légumineuses

Les légumineuses sont un groupe de plantes à fleurs (angiospermes) dicotylédones, ils appartiennent à un groupe botanique de grands intérêts économiques, avec des espèces alimentaires (soja, haricots), ornementaux (arbre de Judée) et fourrager (luzerne). La présence sur leur racine des nodosités est une caractéristique commune de cette famille. (*Microsoft Encarta, 2005*)

Dans notre étude, nous avons le soja (*Glycine maxima L.*), la vesce (*Vicia villosa Roth*)

Dans cette étude, il est à signaler que les parties de la biomasse produite par ces matériels végétaux, tant pour les graminées que les légumineuses sont restituées au sol, à l'exception des grains qui ont servi de semences.

2.2. Equipements pour la réalisation de l'étude

2.2.1. Prélèvements d'échantillons de sol

Cette opération a été effectuée avec des simples outillages :

- Angady et pelle : ces matériels servent à creuser une fosse en bordure de la parcelle, perpendiculaire à la ligne de semis sur une largeur d'environ 1m 50. La fosse creusée sera mise à profit pour l'observation de profil racinaire, la profondeur est variable suivant les plantes constitutives du système, de façon à pouvoir atteindre les racines les plus profondes.
- d'un mètre à ruban : pour mesurer la hauteur de chaque horizon.
- d'un sac à étuve : pour conserver les échantillons de sol prélevés en chaque horizon par fosse et qui ont servi à la détermination de couleur. Le prélèvement se fait à l'angady.

2.2.2. Observation des profils racinaires

Pour cette observation, nous nous sommes servis des matériels suivants :

- grille de 40cm x 20cm avec un maillage fil nylon de 5cm x 5cm, avec laquelle le comptage d'impacts racinaires visualisés sur un profil a été fait. La fixation de cette grille a été faite à l'aide des clous.
- pulvérisateur : ce matériel est nécessaire afin de maintenir l'humidité de ce profil pour éviter le dessèchement des racines pour qu'elles soient bien distinguables sur un profil.

2.2.3. Pour la méthode des liter-bags

Les matériels utilisés sont :

- toile moustiquaire souple : pour la confection d'un sac à liter-bag de forme rectangulaire de 25 cm x 20 cm de surface. Sur les parcelles en S.C.V. ces sacs sont fixés par un clou pour éviter leur transport par le vent et leur déplacement vers une autre parcelle.
- sac à étuve, où nous avons pu mettre les liter-bags après prélèvement
- tamis : pour les tamiser et les nettoyer
- balance de précision (0,01g) : pour le pesage, avant et après le séchage à l'étuve.
- étuve, pour le séchage afin d'avoir le poids de matière sèche des résidus par catégorie et la matière sèche des résidus non restants dans chaque liter-bag, après prélèvement.

Chapitre III : Méthodologie adoptée

La démarche méthodologique consiste à considérer un ensemble de traitements, se différenciant par :

- les systèmes de cultures ;
- les modes de gestion du sol ;
- et leur niveau de fertilisation.

Il y a trois étapes principales dans la méthodologie utilisée lors de cette étude :

- ❖ la première, consiste à observer les profils racinaires au cours de laquelle, nous avons fait le comptage d'impact racinaire et examiné les profils pédologiques.
- ❖ la deuxième, consiste à suivre la dégradation des résidus par la méthode des liter-bags ;
- ❖ Et la troisième, est relative à la détermination de la teneur en azote des résidus de récolte.

Mais avant d'entamer ces trois parties, nous tenons à signaler que cette étude a débutée par l'étude préliminaire : « la bibliographie ». Elle a été commencée depuis le mois de Janvier 2007 où le thème a été défini. Cette étude a été nécessaire pour avoir une large connaissance concernant ce thème.

3.1. Méthode d'observation des profils pédologiques et profils racinaires

3.1.1. Méthode d'observation des profils pédologiques

L'intérêt de cette observation du profil pédologique réside dans le fait de pouvoir connaître la classification du type de sol sur lequel nous avons travaillé et aussi pour déterminer les différentes caractéristiques des horizons pédogénétiques. Ces observations ont été faites sur les parcelles où nous avons observé les profils racinaires.

L'examen de chaque horizon suit l'ordre des observations portées par la fiche d'examen d'un profil (Annexe VII). L'exécution de ce travail est fait en allant de la surface vers la profondeur, en effritant le profil à l'aide de l'angady. C'est au moment de ce travail lent et délicat qu'apparaissent d'un horizon à l'autre les différences de structure, texture, porosité, et la densité et cheminement de racine. En outre, les galeries des vers blancs ainsi que l'état de décomposition de la matière organique y sont découverts. (Photo 5)

Après l'observation des profils et l'examen de chaque horizon, des prises des échantillons sont également effectuées pour déterminer la couleur du sol, suivant le **CODE MUNSELL**.

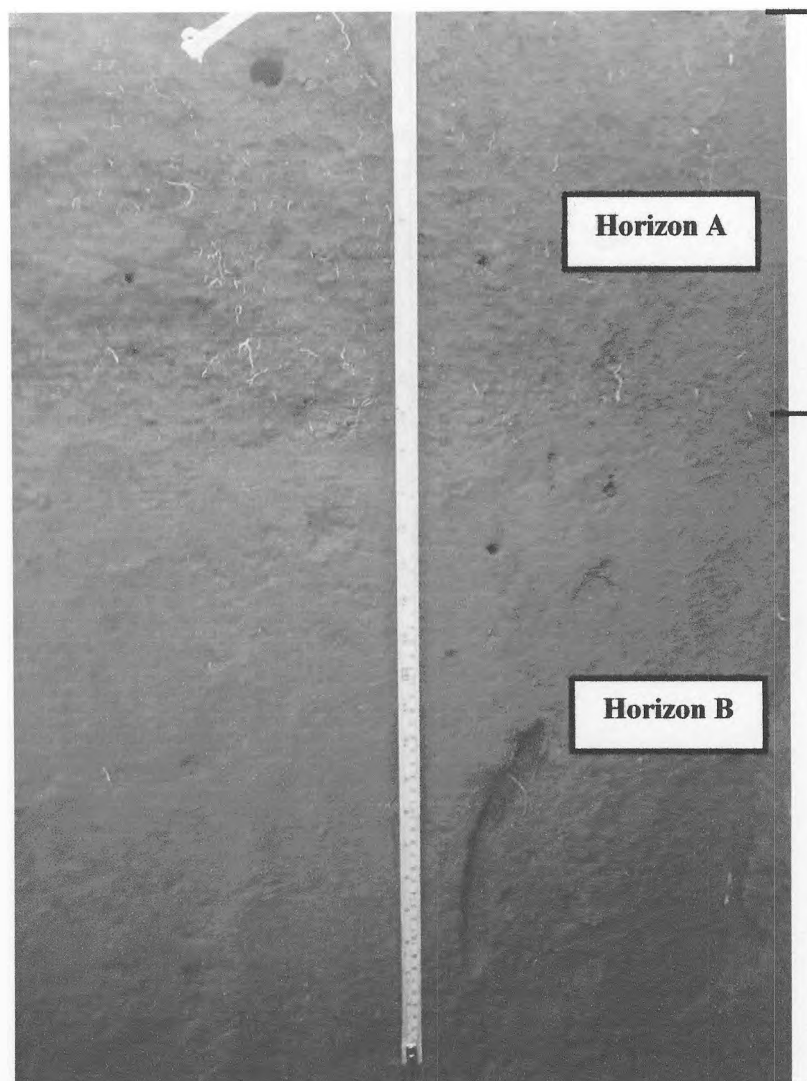


Photo 5: Examen du profil pédologique

Source : Auteur, 2007

3.1.2. Méthode d'observations des profils racinaires

Cette observation a été effectuée sur les 2 blocs A et B, plus précisément sur les parcelles : A12 et B16, A16 et B21, A19 et B19, respectivement pour les systèmes R4SDFM, R3SDFM.

3.1.2.1. Principe

Le profil racinaire des plantes a été observé sur une fosse pédologique creusée sur une profondeur de 1,50 pour R4 et de 1,70 pour R3, en dégagant la totalité de la terre, de façon à

ce que la profondeur du front racinaire soit visible et que le nombre des racines colonisant chaque horizon soit dénombrable, sur un côté de cette fosse. (Photos 6 et 7).

3.1.2.2. Comptage d'impact racinaire

Le comptage de l'impact des racines sur le profil a été effectué après la récolte dans une fosse creusée en bordure des parcelles citées ci-dessus, sur laquelle, nous avons repéré, pour le maïs, sur quatre poquets consécutifs, deux poquets centrales sur lesquels l'impact des racines ont été compté. Le nombre de racines vivantes de ces deux poquets repérés, ont porté sur deux plans :

- ❖ premier plan, observation à 10 cm au ras du poquet ;
- ❖ deuxième plan, observation à 3 cm au ras du poquet.

Ce que représente la figure 3 ci-dessous.

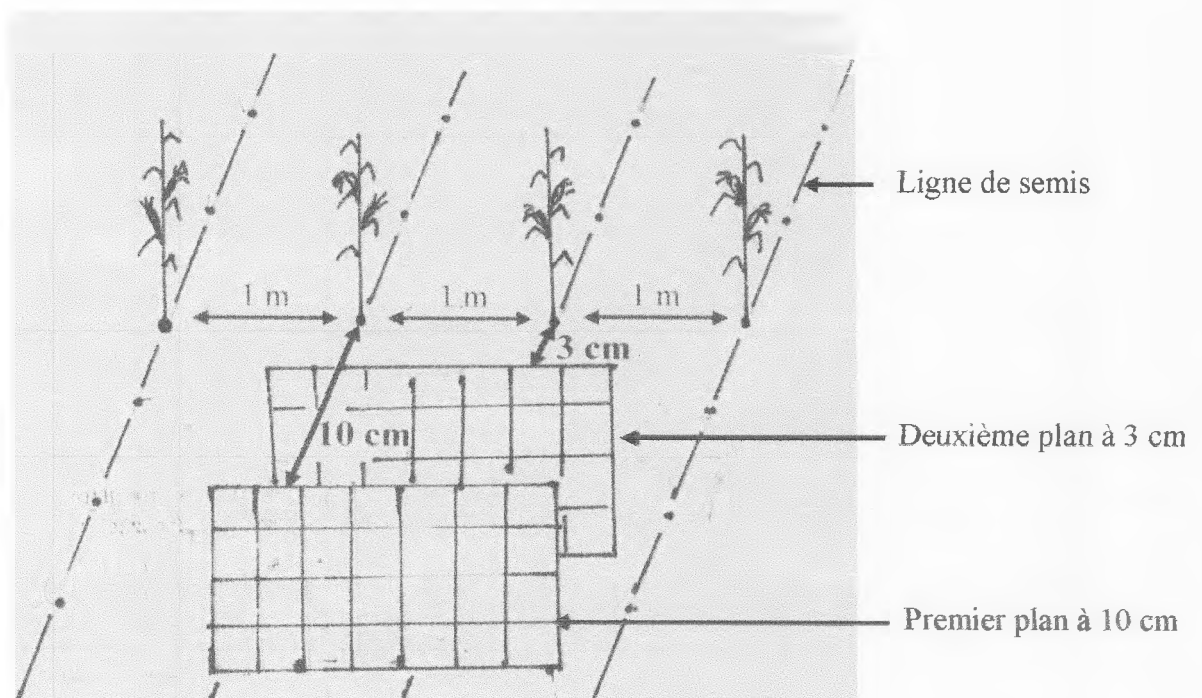


Figure 3: Les deux plans d'observation du profil racinaire à 3 et à 10 cm du ras des poquets

Source : Auteur, 2007

3.1.2.3. Notation

En plus de l'observation visuelle, le nombre d'impacts des racines a été compté, à l'aide d'une grille en bois de 40 cm x 20 cm avec des mailles de 5 cm x 5 cm, le nombre de racines observé dans chaque maille de la grille est noté par profondeur. (Photo 6 et 7)

Comme la longueur de la grille ne couvre pas la distance entre les deux poquets du maïs, elle a été déplacée de façon à pouvoir compter l'impact des racines apparentes du maïs/soja, du maïs/brachiaria compris dans l'entre ligne du maïs qui est de 1 m.

Durant le comptage, le profil est maintenu humide pour éviter le dessèchement des racines et éviter le reflet de la lumière direct sur les racines.



Photo 6: Cartographie d'impacts racinaires de maïs/soja sur un profil du sol à l'aide de d'une grille de 40 cm x 20 cm

Source : Auteur, 2007

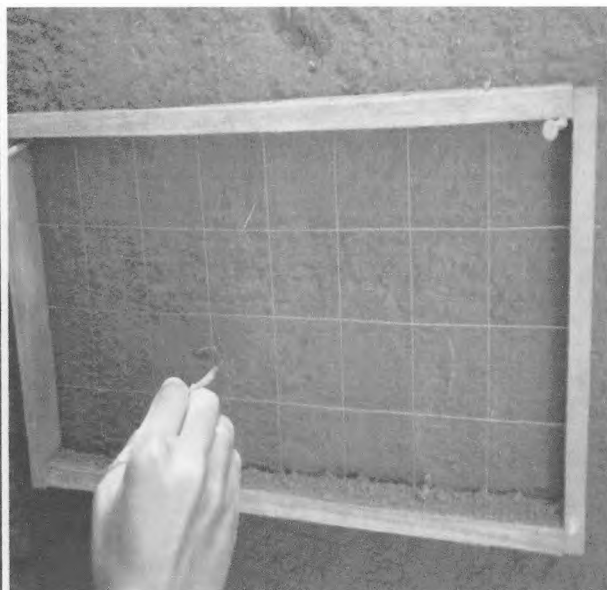


Photo 7: Cartographie d'impacts racinaires de maïs/brachiaria en profondeur sur un profil du sol à l'aide d'une grille de 40 cm x 20 cm

Source : Auteur, 2007

3.1.3. Mode de calcul pour l'observation des profils racinaires

3.1.3.1. Masse du sol

La masse de sol est définie, comme le produit de la densité apparente et du volume apparent du sol.

$$\begin{array}{l} \text{Masse du sol} = \text{densité apparente} \times \text{volume apparent} \\ \text{(en g)} \qquad \qquad \qquad \text{(g/cm}^3\text{)} \qquad \qquad \text{(cm}^3\text{)} \end{array}$$

Où :

- **Le Volume apparent** est obtenu à partir de la :
- Surface étudiée = 120 cm x 13 cm = 1560 cm²
- et la profondeur = 5 cm

$$\begin{array}{l} \text{Volume apparent} = \text{surface} \times \text{profondeur} \\ \text{(cm}^3\text{)} \qquad \qquad \text{(cm}^2\text{)} \qquad \text{(cm)} \end{array}$$

Il est à signaler que ce volume est constant dans toute observation des profils racinaires. La surface étudiée est représentée par la figure 4 ci-après.

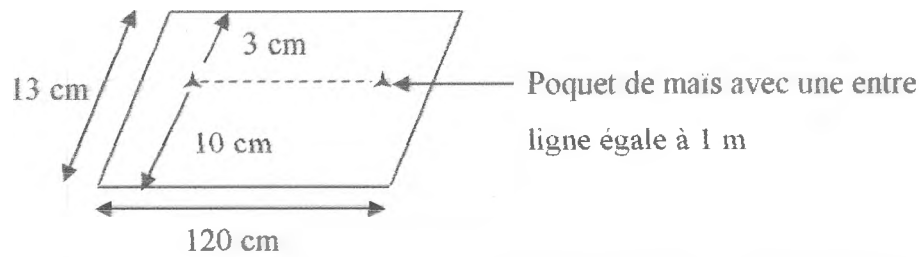


Figure 4: Figure de la surface étudiée pour l'observation des profils racinaires

Source : Auteur, 2007

➤ et la **densité apparente** par définition, c'est le rapport entre le poids du sol et le volume du sol en place, où les espaces remplis d'air et de l'eau y compris. Les valeurs de la densité apparente considérées dans cette étude, correspondent aux mesures effectuées l'année précédente sur ces mêmes parcelles. On considère en effet que la densité apparente, ne varie pas d'une année à l'autre. Elles sont données dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4: Valeurs de la densité apparente

Profondeur en cm	Densité apparente R4 SD FM	Densité apparente R4 Lab FM	Densité apparente R3 SD FM
0-5	0,90	0,96	0,96
5-10	0,92	0,90	0,97
10-20	0,86	0,88	0,89
20-30	0,93	0,91	0,96
30-40	0,95	1,01	0,95
50-60	1,00	1,01	0,98
80-90	1,00	0,97	0,95
110-120	0,97	0,99	0,94
120-170	0,97	0,99	0,94

Source : RAMAROFIDY, 2006

REMARQUE :

Dans l'étude faite par RAMAROFIDY Mamonjiniaina A, cette valeur de la densité apparente s'arrête à une profondeur de 120 cm, alors afin de calculer la densité racinaire dans

la présente étude, nous avons pris la même valeur à partir de ce profondeur jusqu'à 170 cm, où les racines de brachiaria devient nulle.

L'appréciation de la densité apparente est indiquée par le tableau 5 suivant selon KAOURITCHEV et al, 1983.

Tableau 5: Appréciation de la densité des sols

Densité	Appréciation qualitative
Inférieur à 1	Le sol est gonflé ou riche en substance organique.
1,0 à 1,1	Valeurs typiques pour un sol cultivé, nouvellement labouré.
1,2	La terre labourée est durcie.
1,3 à 1,4	La terre labourée est fortement tassée.
1,4 à 1,6	Valeurs typiques de semelles de labour.
1,6 à 1,8	Horizons illuviaux fortement tassés.

Source : KAOURITCHEV et al, 1983

3.1.3.2. Masse du sol en g par ha

Cette masse est obtenue à partir de la formule ci-après

$$\text{Masse du sol (g par ha)} = \text{Volume apparent} \times \text{Densité apparente} \times 10^8$$

Où : **1ha** = 100 m x 100 m = 10 000 m²

$$10\,000\text{ cm} \times 10\,000\text{ cm} = 100\,000\,000\text{ cm}^2 \text{ ou } 10^8\text{ cm}^2$$

3.1.3.3. Densité racinaire par volume apparent du sol sur 1 ha

Cette densité racinaire est obtenue par la formule ci-dessous, en faisant la règle de trois.

masse du sol (g) → moyenne d'impact racinaire sur 2 blocs [exemple : A12 et B16, (tableau 12)]

masse du sol (g/ha) → Densité racinaire par masse du sol (g/ha) ?

$$\text{Densité racinaire par masse du sol (g/ha)} = \frac{\text{Moyenne d'impact racinaire sur 2 blocs} \times \text{masse du sol (g/ha)}}{\text{Masse du sol (g)}}$$

3.2. Dégradation des résidus par la méthode des liter-bags

Le suivi de dégradation des résidus, a été effectué après la récolte, mais nous avons pris en compte les étapes réalisées dès le début de la campagne agricole, à savoir :

3.2.1. Quantification de la biomasse de résidus couvrant chaque parcelle

En début de cycle, avant l'installation de la culture, sur chaque parcelle correspondante à chaque niveau de fertilisation et de mode de gestion des deux systèmes étudiés R3 et R4 que comporte le dispositif de l'URP/SCRiD, la totalité de la biomasse résiduelle a été évaluée en délimitant au hasard, dans chaque parcelle, 4 placettes de 0,5m x 1m. La biomasse résiduelle y a été ainsi prélevé jusqu'au ras du sol. Elle a été par la suite distingué en différentes catégories : les gros résidus (tiges, cannes, feuilles), des petits résidus, de la litière partiellement décomposée et des feuilles de brachiaria. Ainsi, il a été recensé suivant les systèmes, les catégories suivantes de résidus :

- au R3, 4 catégories de résidus :
 - gros résidus : les cannes et les feuilles de maïs ;
 - brachiaria : tige et feuille ;
 - petits résidus : débris de maïs et du brachiaria non décomposés ;
 - et litière partiellement décomposée
- au R4, 3 catégories de résidus :
 - gros résidus : cannes, tiges et feuilles de ces deux plantes tels que le maïs et le soja ;
 - petits résidus : débris de maïs et du soja non décomposés ;
 - et litière partiellement décomposée.

Tous les résidus frais sont pesés séparément sur terrain par catégorie puis séchés à l'étuve à 60°C pendant 72h pour avoir le poids de la matière sèche. Les poids frais et les poids secs à la sortie de l'étuve ont successivement noté. Ce qui a permis de disposer du rendement en biomasse par parcelle et la proportion que représente chaque catégorie par rapport à la biomasse totale.

3.2.2. Préparation, remplissage et mise en place des liter-bags

3.2.2.1 Préparation des liter-bags

Les liter-bags de forme rectangulaire de 25 cm x 20 cm de surface, ont été confectionnés avec de la toile moustiquaire souple de 2 mm de maille, qui seront remplis par la suite avec les résidus à dégrader.

3.2.2.2. Remplissage

Les liter-bags ont été remplis avec le mélange de différentes catégories de résidus, dont la quantité est fonction de la proportion de la quantité de chaque catégorie, par rapport à la totalité de la matière sèche totale de la biomasse résiduelle totale prélevée. La quantité de biomasse dans les liter-bags correspondant à chaque parcelle, se différencie pour chaque système en fonction de la quantité de la biomasse initiale prélevée.

3.2.2.3. Mise en place

Les liter-bags ont été mis en place le lendemain du semis, en les répartissant au hasard dans chaque parcelle, en veillant à ce qu'ils couvrent la totalité de chaque parcelle. L'installation varie suivant le mode de gestion du sol, afin reconstituer les conditions réelles sur chaque système. En SCV, les litter-bags sont placés à la surface du sol et fixés à l'aide des clous. Par contre, pour les Lab, ils sont enterrés à environ 10cm de profondeur et pour faciliter leur repérage, ils sont enterrés munis d'une ficelle apparente en surface et repérés à l'aide d'un piquet.

Le nombre de liter-bags mis en place sur chaque parcelle est maintenu identique et est déterminé par le nombre de prélèvements et celui du liter-bags à prélever à chaque date de prélèvement

3.2.3. Prélèvement et traitement des liter-bags après prélèvement

3.2.3.1. Prélèvement

Les liter-bags ont été prélevés dès le quinzième jour après leur mise en place, mais pour notre cas, nous avons poursuivi leur prélèvement après la récolte, tous les mois : le premier a été fait le 18 Mai 2007 et le deuxième le 18 Juin 2007 et le troisième le 28 Septembre 2007. A chaque date, deux liter-bags ont été prélevés par parcelle.

Ainsi, pour les 6 traitements (R4SDFO, R4SDFM, R4LabFO, R4LabFM, R3SDFO et R3SDFM) suivis sur le dispositif et l'ensemble des 4 répétitions, 48 litter-bags ont été prélevés pendant la durée de notre stage.

3.2.3.2. Traitement des liter-bags après prélèvement

A chaque date de prélèvement, 2 liter-bags sont retirés de chaque parcelle par bloc. Le contenu de chaque liter-bags est fortement secoué sinon tamisé et bien nettoyé de façon à se débarrasser des mottes et des plantes vertes qui ont éventuellement poussé, puis mis à sécher à l'étuve à 60°C pendant 72h pour le séchage.

Le poids de la matière sèche de chaque liter-bag est relevé au bout de 72 h. Elles sont toutes conservées pour l'analyse de l'azote et du carbone.

3.3. Méthode d'analyse de la teneur en azote et en carbone des résidus

3.3.1. Détermination de la teneur en azote des résidus

3.3.1.1. Principe

On chauffe la substance avec de l'acide sulfurique concentré qui, à l'ébullition, détruit les matières organiques azotées. Le carbone et l'hydrogène se dégagent à l'état de CO_2 et H_2O , l'azote transformé en ammoniacque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

K_2SO_4 permet d'élever la température d'ébullition de H_2SO_4 jusqu'à 430°C . CuSO_4 sert de catalyseur. NH_3 est ensuite déplacé par une solution d'hydroxyde de sodium, entraîné à la vapeur et fixé à l'état de borate, lequel est dosé par une solution titrée d'acide sulfurique.

3.3.1.2. Mode opératoire

A. Minéralisation de l'azote organique.

Dans un tube de digestion, introduire successivement 0,1g de plantes à 0,5 mm de diamètre (prendre le poids exact), un catalyseur de minéralisation et 10 ml d'acide sulfurique concentré. Chauffer fortement (environ 430°C) pendant 30 minutes. Après refroidissement, transvaser le contenu du tube de digestion dans une fiole de 50 ml. Ajuster au trait de la jauge avec de l'eau distillée.

B. Distillation de l'azote

Dans l'appareil à distillation, introduire 10 ml de la prise d'essai et 20 ml de la solution de soude. Recueillir le distillat dans un erlenmeyer de 125 ml contenant 5 ml de la solution d'acide borique. Effectuer le dosage avec la solution d'acide sulfurique.

Un témoin est préparé dans les mêmes conditions.

3.3.1.3. Expression des résultats :

Soient :

La quantité d'acide pour neutraliser la solution sera : $V = V_a - V_o$

Où : - V_a : le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'échantillon

- V_o : le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour le témoin

L'équivalence de l'azote Kjeldahl dans la prise d'essai est égale à : $N \times V$

Avec N est sa normalité. Soit dans la solution à analyser : $N \times V \times 50 / 10$

Comme la masse d'un milliéquivalent d'azote étant 14 mg, la quantité d'azote dans 1g de sol sera : $(N \times V \times 50 / 10) \times 14 \times 10^{-3} \text{ g}$

Alors dans 100 g de sol, la quantité de N Kjeldahl sera :

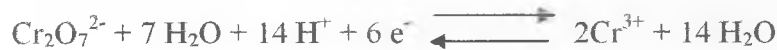
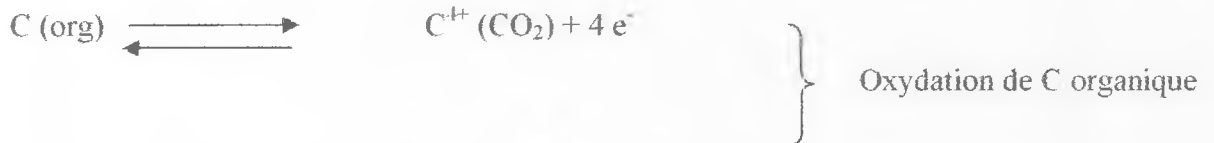
$$N = (N \times V \times 50 / 10) \times 14 \times 10^{-3} \times 100 \text{ g}$$

Comme $N = 0,01 \text{ N}$, alors $N\% = V \times 0,07$

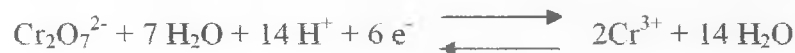
3.3.2. Détermination de la teneur en carbone des résidus

3.3.2.1. Principe

Les carbones organiques sont oxydés par un excès d'une solution de bichromate de potassium, en milieu acide. L'excès sera ensuite déterminé à l'aide d'une solution de sulfate ferreux. Les réactions correspondantes seront les suivantes :



$\left. \vphantom{\text{Fe}^{3+}} \right\} \text{Titrage de l'excès du bichromate}$



3.3.2.2. Procédure

- Peser un échantillon broyé de résidus et noter le poids exact. Le transférer dans un erlenmeyer de 250 ml.
- Ajouter 10 ml de bichromate de potassium 1N et faire tourner l'erlenmeyer pour faire disperser le broyat dans la solution.
- Ajouter rapidement 20 ml de H_2SO_4 concentré. Tourner l'erlenmeyer puis agiter vigoureusement pendant 1 minute.
- Laisser reposer pendant 30 minutes. Ajouter 200 ml d'eau distillée. Ajouter 4 gouttes d'ortho-phénantroline et titrer la solution avec FeSO_4 0.5N.
- La fin de la réaction s'observe par le virage d'une coloration verte intense au rouge violacé.
- Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

La présente étude consiste à observer le profil racinaire des plantes de couvertures et à suivre la dégradation des résidus des résidus de récolte. Elle demande donc des matériels nécessaires et efficaces pour atteindre les objectifs et avoir des résultats précis et représentatifs qui sont présentés dans la troisième partie ci-dessous, avec les interprétations.

TROISIEME PARTIE :
Résultats et interprétations

Chapitre premier : Résultats de l'étude des profils pédologiques et profils racinaires

1.1. Profils pédologiques

Les résultats des observations sont présentés dans les tableaux suivants.

1.1.1. R4 SD FM

1.1.1.1. Parcelle A12 R4 SD FM

Tableau 6: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A12 R4 SD FM

Profondeur en cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5 à 30	7.5 YR 3/4 Dark Brown	- Structure grenue à texture meuble - Présence de nodules noirs de structure concentrique - Présence de galerie : bonne porosité et bonne activité biologique - Abondance de racines
30 à 134	2.5 YR 4/6 Red	- Structure polyédrique subanguleuse, - Texture peu compacte - Présence de galerie : bonne porosité et bonne activité biologique - Présence de tache noire - Peu de racines
134 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	- Structure polyédrique - Texture compacte - Présence de couleur marmorisée de rouge et blanc - Présence des granules microscopiques blancs - Pas de racine

(A12 R4 SD FM : maïs/soja en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

1.1.1.2. Parcelle B16 R4 SD FM

Tableau 7: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B16 R4 SD FM

Profondeur en cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5 à 32	7.5 YR 3/4 Dark Brown	- Structure grumeleuse, grenue à texture meuble - Présence des nodules de couleur noire - Abondance de racines
32 à 61	2.5 YR 3/6 Dark Red	- Structure grumeleuse à texture peu compacte - Présence d'un horizon intermédiaire de couleur claire - Présence de tache sombre à une certaine profondeur - Peu de racines
61 à 130	2.5 YR 4/6 Red	- Structure polyédrique subanguleuse - Texture compacte - Pas de racine
130 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	- Structure polyédrique avec texture compacte - Présence de tâche noire insignifiant - Pas de racine

(B16 R4 SD FM : maïs/soja en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

D'après l'observation des profils pédologiques sur les parcelles A12 R4 SD FM et B16 R4 SD FM, le sol a une structure grumeleuse à texture meuble. Il présente une bonne porosité avec une forte activité biologique du sol (présence de galerie) nous indique la présence d'un horizon organique 0-32 cm, fertile et riche en éléments nutritifs.

A une profondeur plus de 5-32 cm après la litière, ces deux parcelles présentent une abondance de nombreuses racines, qui diminuent progressivement en profondeur. (Photo 8)

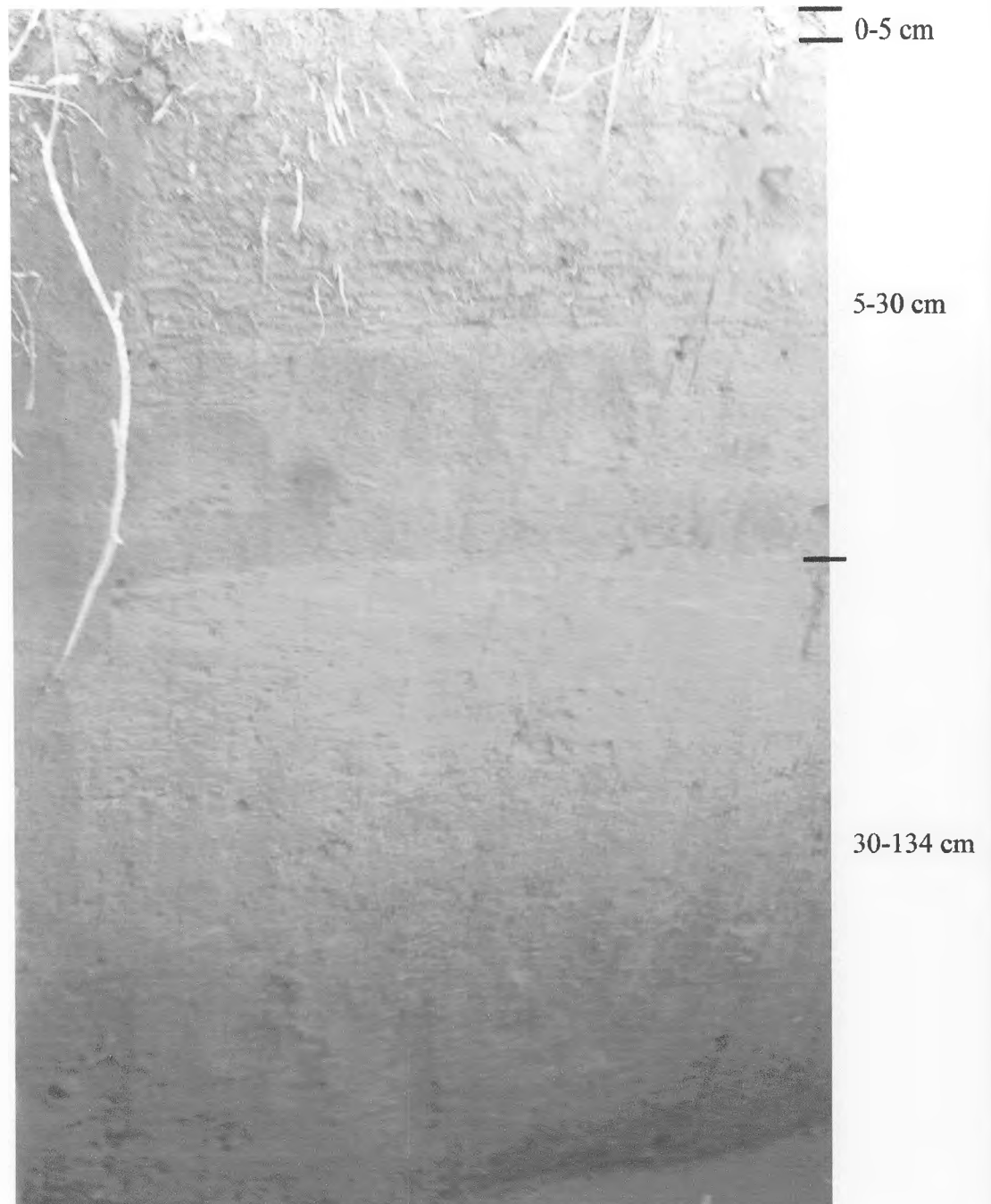


Photo 8: Profil pédologique du mode de gestion A12 R4 SD FM

(A12 R4 SD FM : maïs/soja en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

1.1.2. R4 Lab FM

1.1.2.1. Parcelle A16 R4 Lab FM

Tableau 8: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A16 R4 Lab FM

Profondeur en cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5 à 38	5 YR 3/4 Dark Reddish Brown	<ul style="list-style-type: none"> - Structure polyédrique subanguleuse et grumeleuse - Texture meuble, peu compacte - Bonne porosité - Existence de bande de couleur plus claire - Abondance de racines
38 à 134	2.5 YR 4/6 Red	<ul style="list-style-type: none"> - Structure polyédrique - Texture compacte - Présence de galerie, pore visible à l'œil nu - Présence de pedotubule - Peu de racines
134 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	<ul style="list-style-type: none"> - Structure polyédrique subanguleuse - Texture compacte - Peu de pore - Pas de racine

(A16 R4 Lab FM : maïs/soja en culture labourée avec une fertilisation organo minérale)

1.1.2.2. Parcelle B21 R4 Lab FM

Tableau 9: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B21 R4 Lab FM

Profondeur en cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5-36	5 YR 3/4 Dark Reddish Brown	- Structure polyédrique, grumeleuse - Texture meuble, peu compacte - Présence de galerie - Poreux - Abondance de racines
36-125	2.5 YR 4/8 Red	- Structure polyédrique - Texture compacte - Présence de pedotubule - Peu de racines
125 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	- Structure polyédrique - Texture compacte - Pas de racine

(B21 R4 Lab FM : maïs/soja en culture labourée avec une fertilisation organo minérale)

Pour les parcelles A16 R4 Lab FM et B21 R4 Lab FM à une profondeur de 5-38 cm, le sol avec une structure polyédrique subanguleuse et grumeleuse et de texture meuble et peu compacte, nous avons remarqué une abondance de nombreuses racines.

Ainsi, à une profondeur de 38-134 cm cet horizon est marqué par la présence de galerie et de trait pédologique sous forme de pédotubule (volumes pédologiques que l'on peut interpréter comme étant le résultat de l'activité biologique animale), ce qui nous indique l'activité biologique en profondeur. (Photo 9)

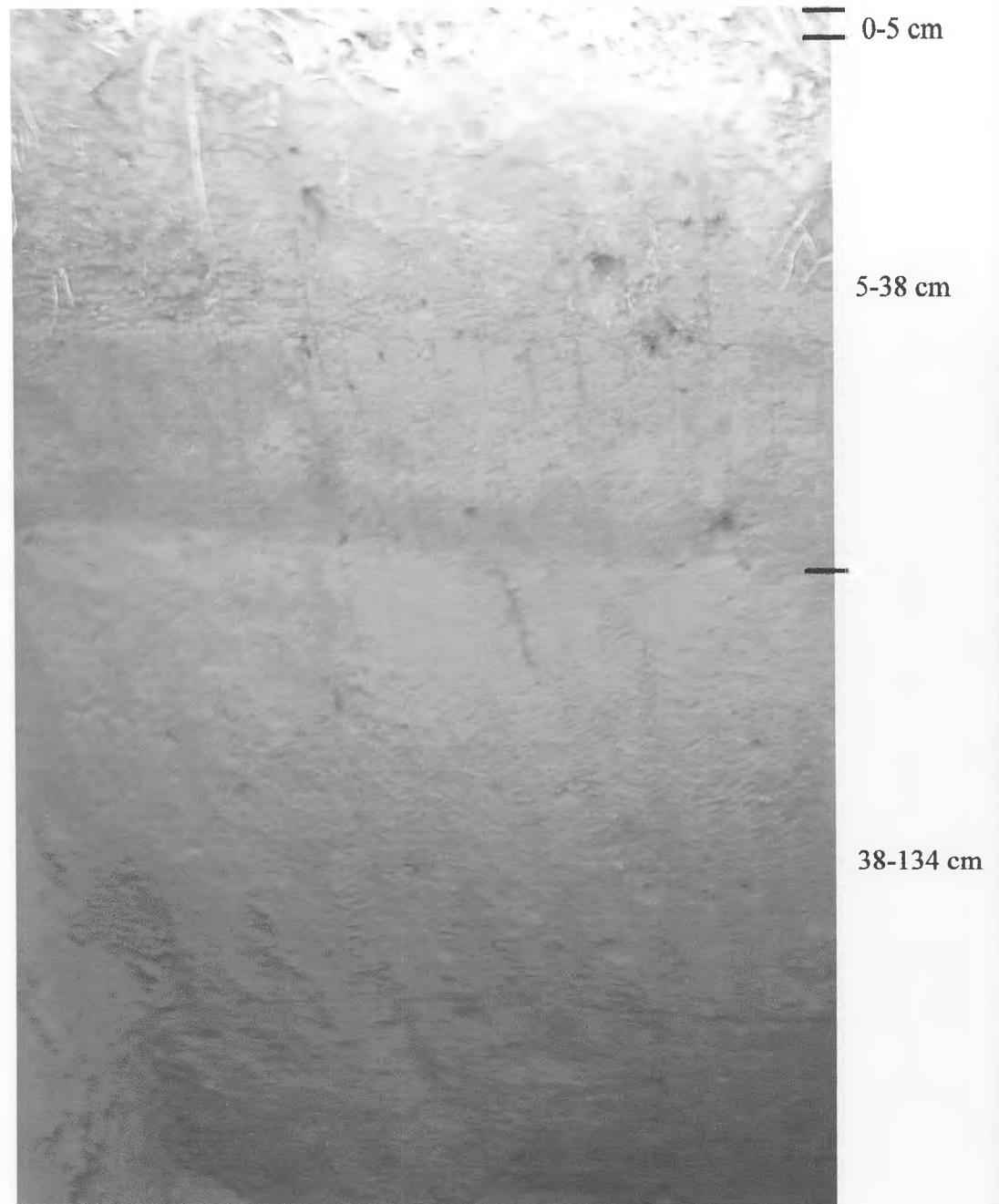


Photo 9: Profil pédologique du mode de gestion A16 R4 Lab FM

(A16 R4 Lab FM : maïs/soja en culture labourée avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

1.1.3. R3 SD FM

1.1.3.1. Parcelle A19 R3 SD FM

Tableau 10: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle A19 R3 SD FM

Profondeur En cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5 à 22	5 YR 3/4 Dark Reddish Brown	- Structure grumeleuse - Texture meuble peu compacte - Présence de galerie - Bonne porosité - Présence des débris végétaux autres que ceux de maïs et du brachiaria - Abondance de racines
22 à 120	5 YR 4/6 Yellowish Red	- Structure polyédrique subanguleuse - Texture compacte - Présence de nodule de couleur blanchâtre - Peu de racines
120 -158	5 YR 4/6 Yellowish Red	- Structure polyédrique - Texture compacte - Peu de racines
158 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	- Structure polyédrique - Texture compacte - Pas de racine

(A19 R3 SD FM : maïs/brachiaria en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

1.1.3.2. Parcelle B19 R3 SD FM

Tableau 11: Résultat d'observation de profil pédologique sur la parcelle B19 R3 SD FM

Profondeur en cm	Couleur	Caractéristiques
0 à 5	-	- Litière
5 à 25	5 YR 3/4 Dark Reddish Brown	- Structure grumeleuse - Texture peu compacte, poreuse - Présence des racine et débris végétaux décomposés non identifiés - Existence des nodules blancs - Abondance de racines
25 à 70	5 YR 4/6 Yellowish Red	- Structure polyédrique anguleuse - Présence des tâches noires et nodules - Texture compacte - Peu de racines
70 à 160	2.5 YR 4/6 Red	- Structure polyédrique - Présence de grains blancs - Texture compacte - Peu de racines
160 et plus	7.5 YR 4/6 Strong Brown	- Structure polyédrique - Texture compacte - Présence de couleur marmorisée de rouge et blanc - Présence de tâche noire - Pas de racine

(B19 R3 SD FM : maïs/brachiaria en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

D'après l'observation de profil pédologique sur les parcelles A19 R3 SD FM et B19 R3 SD FM, l'horizon 5-25 cm a une structure grumeleuse à texture meuble, poreuse. Le sol présente une abondance de nombreuses racines et des débris végétaux décomposés difficilement identifiés autres ceux de maïs et de brachiaria, de même de galerie ce qui nous indique la forte activité biologique du sol.

Nous avons remarqué à une certaine profondeur la présence de traits pédologiques comme les nodules de couleur blanchâtre, qui peuvent être une accumulation de calcaire à une certaine profondeur. (Photo 10)

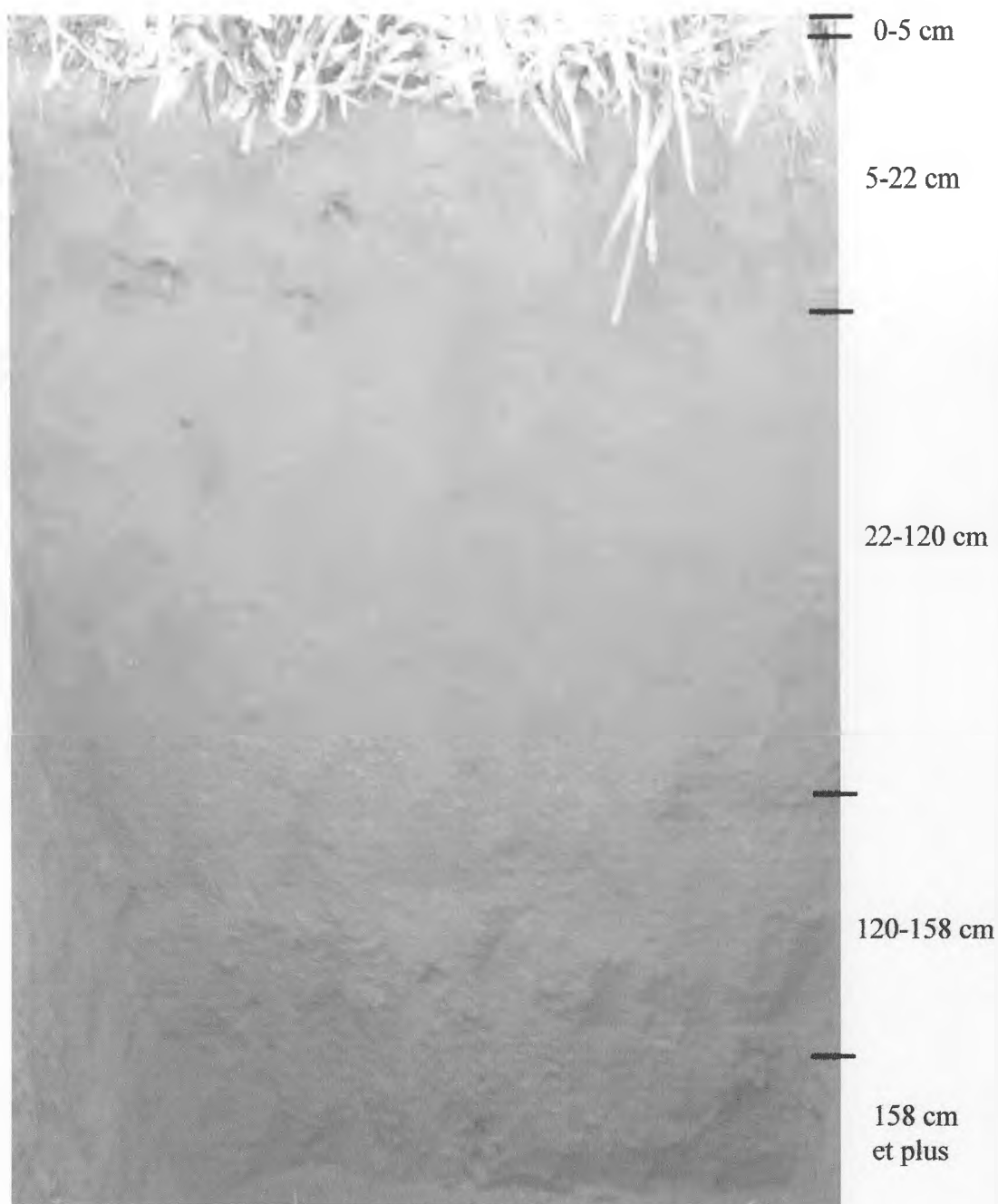


Photo 10: Profil pédologique du mode de gestion A19 R3 SD FM

(A19 R3 SD FM : maïs/brachiaria en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

REMARQUE :

A une profondeur plus de 134 cm, pour la parcelle A12 R4 SD FM et plus de 160 cm pour la parcelle B19 R3 SD FM, la présence de tache rouge enrichi en fer oxydé en profondeur est due à une oscillation de l'eau, ce qui nous indique la présence d'un phénomène d'hydromorphie ou la présence de pseudo-gley dans un sol ferrallitique.

Dans tous les systèmes, l'abondance de racines diminue de l'horizon de surface en profondeur surtout pour R3 SD FM, où la racine est présente jusqu'à une profondeur de 160 cm. Ainsi, la présence de galerie et des débris végétaux décomposés indique la forte activité biologique et la richesse en matière organique en horizon de surface. Ce qui est un bon signe pour l'alimentation en éléments nutritifs des plantes cultivées.

En bref, d'après ces résultats, indépendamment du mode de gestion de sol (semis direct et labour), l'abondance de racines en culture de **maïs/soja** se trouve dans l'horizon de 0-40 cm du fait de la présence d'une structure fragmentaire arrondie : grenue et grumeleuse, qui signifie la bonne teneur en matière organique donc de potentialité nutritionnelle forte, et de la présence de texture meuble, outre la galerie qui indique la bonne porosité et activité biologique du sol. En profondeur les racines diminuent progressivement et devient nulles vu la structure polyédrique, polyédrique subanguleuse et autre traduisant surtout l'effet de retrait de colloïde amenant la rupture de masse compacte, sa présence est facilitée par l'absence de matière organique et des activités biologiques du sol.

1.2. Profils racinaires

Le profil racinaire représente l'horizon dans lequel les racines des plantes se développent. Sa profondeur et sa densité varient en fonction des plantes cultivées, mais surtout en fonction de la texture et structure.

L'étude de profil racinaire dans la présente étude permet d'observer la profondeur d'enracinement de plante de couverture, suivant le système R3 et R4 et selon le mode de gestion du sol : semis direct (SD) et labour (Lab), qui est toujours en relation avec le profil pédologique.

Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous pour chaque mode de gestion de sol accompagnant d'un graphe de répartition des racines dans le profil. Comme les observations ont porté sur trois modes de gestion de sol, un tableau de synthèse est présenté afin de les interpréter.

Pour l'interprétation, il a été convenu qu'une densité racinaire par masse du sol sur 1 ha, supérieur à 1 000 000, est considérée comme très élevée.

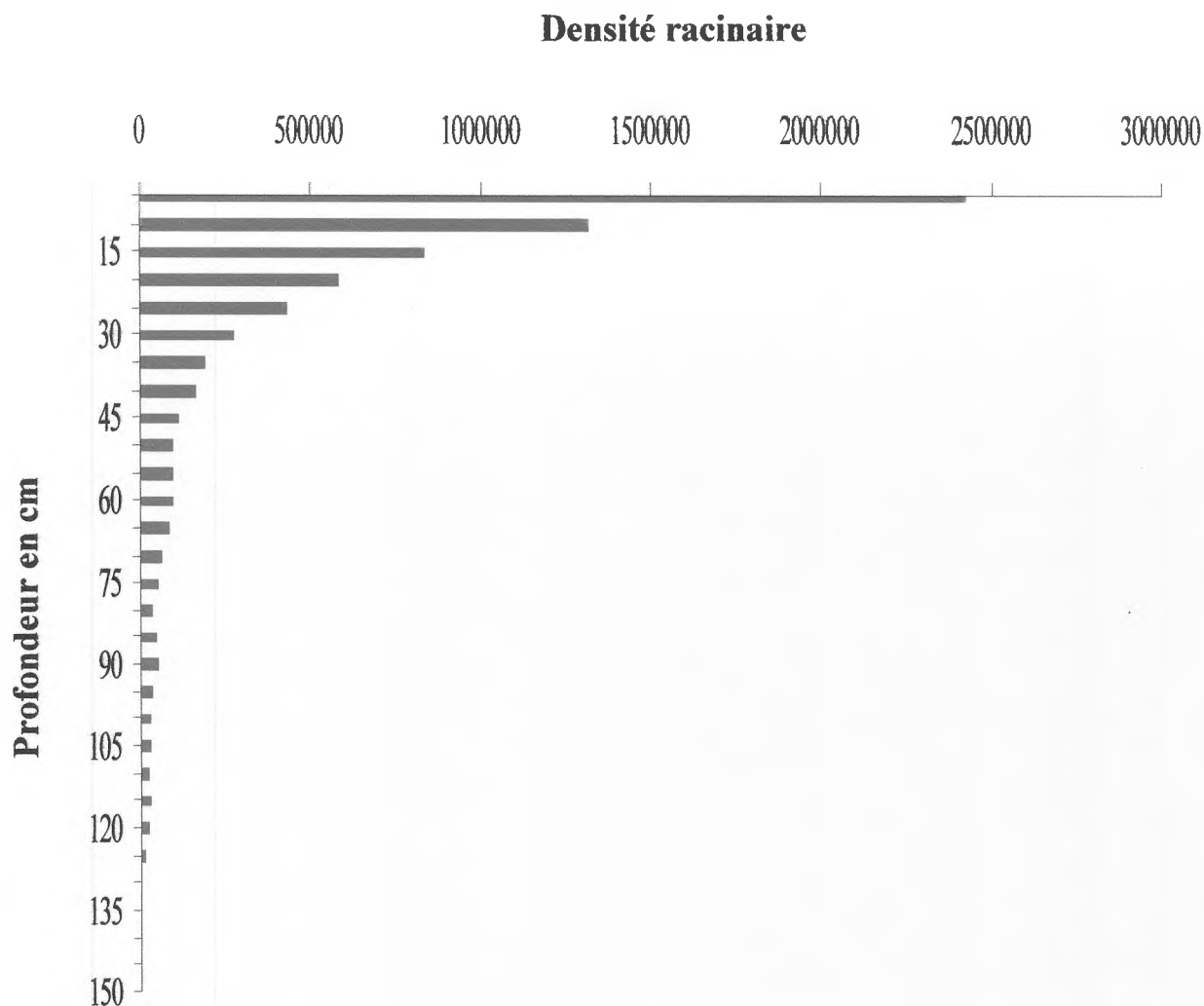
1.2.1. R4 SD FM

Tableau 12: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R4 SD FM

Profondeur en cm	moyenne de I.R A12	moyenne de I.R B16	moyenne de I.R A12/B16	densité apparente	Masse du sol (g)	Masse du sol en (g/ha)	Densité racinaire par masse du sol (g/ha)
5	39,35	36,25	37,80	0,90	7 020,85	450 054 347,83	2 423 076,92
10	19,70	21,35	20,53	0,92	7 208,22	462 065 217,39	1 315 705,13
15	11,60	14,45	13,03	0,86	6 676,16	427 958 953,47	834 935,90
20	9,20	8,95	9,08	0,86	6 676,16	427 958 953,47	581 730,77
25	7,10	6,30	6,70	0,93	7 282,69	466 839 357,55	429 487,18
30	4,05	4,55	4,30	0,93	7 282,69	466 839 357,55	275 641,03
35	2,65	3,30	2,98	0,95	7 408,44	474 899 929,13	190 705,13
40	2,85	2,30	2,58	0,95	7 408,44	474 899 929,13	165 064,10
45	1,50	2,05	1,78	0,95	7 408,44	474 899 929,13	113 782,05
50	1,40	1,50	1,45	1,00	7 783,34	498 931 911,88	92 948,72
55	1,50	1,45	1,48	1,00	7 783,34	498 931 911,88	94 551,28
60	1,20	1,75	1,48	1,00	7 783,34	498 931 911,88	94 551,28
65	1,20	1,35	1,28	1,00	7 783,34	498 931 911,88	81 730,77
70	0,80	1,20	1,00	1,00	7 783,34	498 931 911,88	64 102,56
75	0,70	0,95	0,83	1,00	7 783,34	498 931 911,88	52 884,62
80	0,65	0,45	0,55	1,00	7 783,34	498 931 911,88	35 256,41
85	0,55	0,90	0,73	1,00	7 783,34	498 931 911,88	46 474,36
90	0,55	1,00	0,78	1,00	7 783,34	498 931 911,88	49 679,49
95	0,20	0,80	0,50	1,00	7 783,34	498 931 911,88	32 051,28
100	0,30	0,50	0,40	1,00	7 783,34	498 931 911,88	25 641,03
105	0,20	0,60	0,40	1,00	7 783,34	498 931 911,88	25 641,03
110	0,40	0,35	0,38	0,97	7 530,68	482 735 902,73	24 038,46
115	0,35	0,55	0,45	0,97	7 530,68	482 735 902,73	28 846,15
120	0,15	0,50	0,33	0,97	7 530,68	482 735 902,73	20 833,33
125	0,15	0,25	0,20	0,97	7 530,68	482 735 902,73	12 820,51
130	0,05	0,15	0,10	0,97	7 530,68	482 735 902,73	6 410,26
135	0,05	0,15	0,10	0,97	7 530,68	482 735 902,73	6 410,26
140	0,05	0,10	0,08	0,97	7 530,68	482 735 902,73	4 807,69
145	0,00	0,05	0,03	0,97	7 530,68	482 735 902,73	1 602,56
150	0,00	0,00	0,00	0,97	7 530,68	482 735 902,73	0,00

(R4 SD FM : maïs soja en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impact Racinaire



Graphe 1: Graphe de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha pour le mode de gestion R4 SD FM

(R4 SD FM : maïs/soja en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

1.2.2. R4 Lab FM

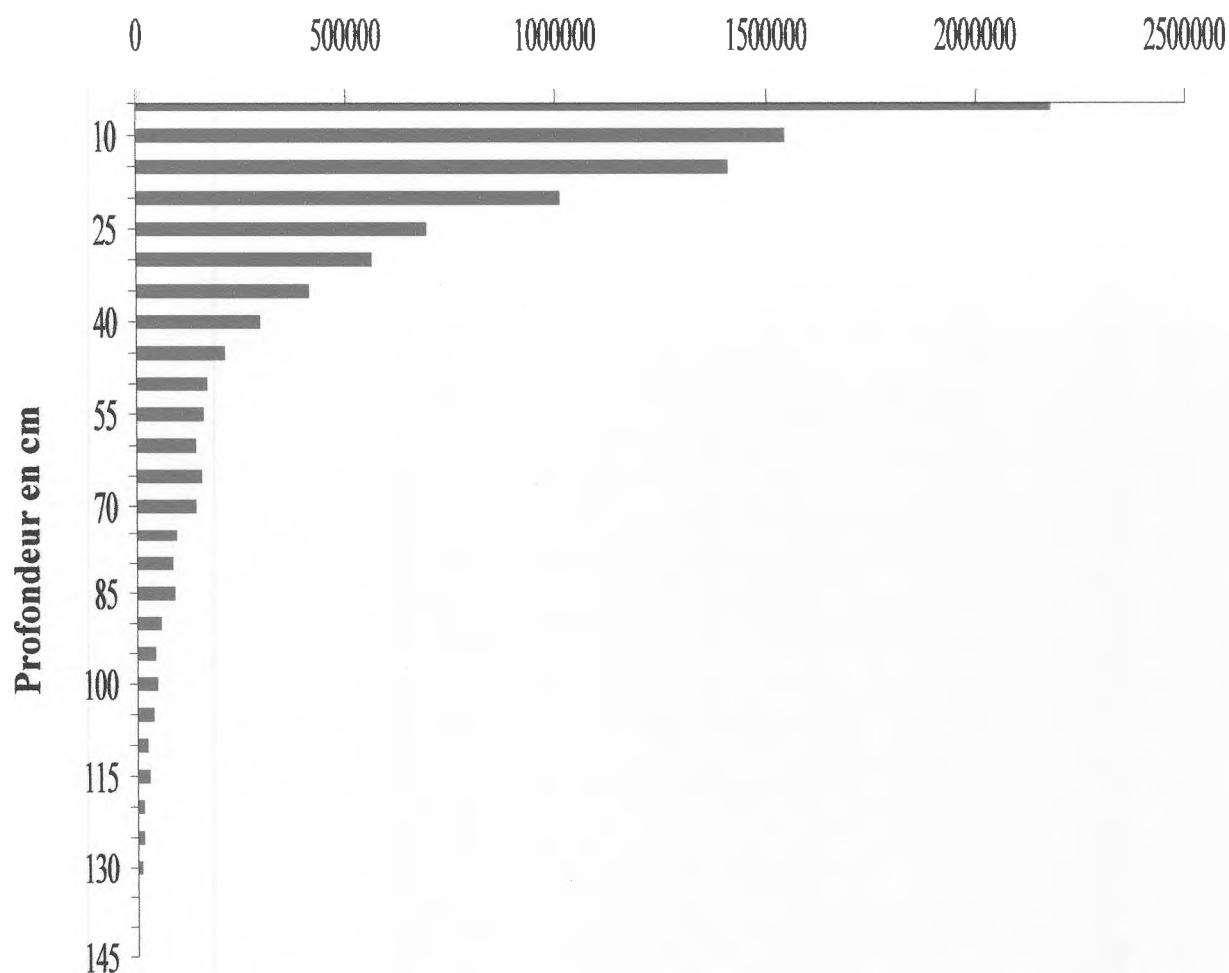
Tableau 13: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R4 Lab FM

Profondeur en cm	moyenne de LR A16	moyenne de LR B21	moyenne de LR A16/B21	densité apparente	Masse du sol (g)	Masse du Sol en (g/ha)	Densité racinaire par masse du sol (g/ha)
5	31,05	36,90	33,98	0,96	7 509,20	481 358 695,65	2 177 884,62
10	28,45	19,75	24,10	0,90	7 048,83	451 847 826,09	1 544 871,79
15	25,90	18,05	21,98	0,88	6 833,83	438 065 862,11	1 408 653,85
20	17,75	13,65	15,70	0,88	6 833,83	438 065 862,11	1 006 410,26
25	12,00	9,50	10,75	0,91	7 068,58	453 113 926,07	689 102,56
30	8,00	9,40	8,70	0,91	7 068,58	453 113 926,07	557 692,31
35	6,90	5,90	6,40	1,01	7 847,96	503 074 496,65	410 256,41
40	5,30	3,90	4,60	1,01	7 847,96	503 074 496,65	294 871,79
45	3,90	2,65	3,28	1,01	7 847,96	503 074 496,65	209 935,90
50	3,20	2,05	2,63	1,01	7 860,81	503 898 022,54	168 269,23
55	2,80	2,10	2,45	1,01	7 860,81	503 898 022,54	157 051,28
60	2,20	2,15	2,18	1,01	7 860,81	503 898 022,54	139 423,08
65	2,10	2,70	2,40	1,01	7 860,81	503 898 022,54	153 846,15
70	1,75	2,55	2,15	1,01	7 860,81	503 898 022,54	137 820,51
75	0,85	2,00	1,43	1,01	7 860,81	503 898 022,54	91 346,15
80	0,45	2,15	1,30	0,97	7 563,38	484 832 150,45	83 333,33
85	0,40	2,30	1,35	0,97	7 563,38	484 832 150,45	86 538,46
90	0,20	1,60	0,90	0,97	7 563,38	484 832 150,45	57 692,31
95	0,15	1,20	0,68	0,97	7 563,38	484 832 150,45	43 269,23
100	0,15	1,30	0,73	0,97	7 563,38	484 832 150,45	46 474,36
105	0,20	1,00	0,60	0,97	7 563,38	484 832 150,45	38 461,54
110	0,05	0,70	0,38	0,99	7 706,26	493 990 756,55	24 038,46
115	0,10	0,80	0,45	0,99	7 706,26	493 990 756,55	28 846,15
120	0,05	0,45	0,25	0,99	7 706,26	493 990 756,55	16 025,64
125	0,00	0,45	0,23	0,99	7 706,26	493 990 756,55	14 423,08
130	0,00	0,35	0,18	0,99	7 706,26	493 990 756,55	11 217,95
135	0,00	0,15	0,08	0,99	7 706,26	493 990 756,55	4 807,69
140	0,00	0,05	0,03	0,99	7 706,26	493 990 756,55	1 602,56
145	0,00	0,00	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00

(R4 Lab FM : maïs soja en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

LR : Impact Racinaire

Densité racinaire



Graphe 2: Graphe de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha pour le mode de gestion R4 Lab FM

(R4 Lab FM : maïs/soja en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

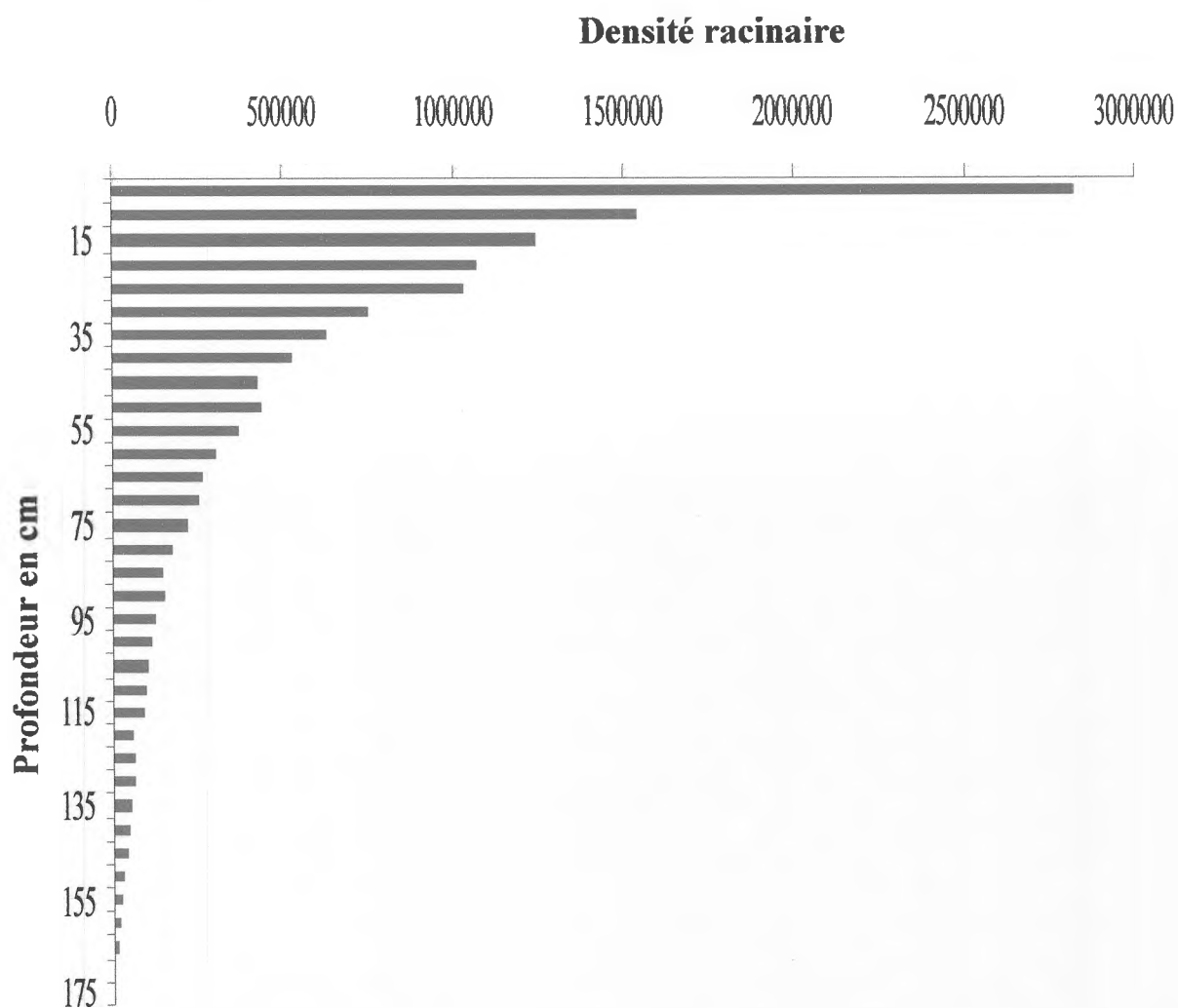
1.2.3. R3 SD FM

Tableau 14: Résultat de profil racinaire sur le mode de gestion R3 SD FM

Profondeur en cm	moyenne de LR A19	moyenne de LR B19	moyenne de LR A19/B19	densité apparente	Masse du sol (g)	Masse du sol en (g/ha)	Densité racinaire par masse du sol (g/ha)
5	42,80	45,25	44,03	0,96	7 458,33	478 097 826,09	2 822 115,38
10	23,65	24,30	23,98	0,97	7 597,37	487 010 869,57	1 536 858,97
15	20,55	18,30	19,43	0,89	6 961,13	446 226 255,00	1 245 192,31
20	14,70	18,70	16,70	0,89	6 961,13	446 226 255,00	1 070 512,82
25	12,90	19,20	16,05	0,96	7 461,38	478 293 854,00	1 028 846,15
30	10,20	13,15	11,68	0,96	7 461,38	478 293 854,00	748 397,44
35	9,05	10,57	9,81	0,95	7 404,55	474 650 375,83	628 685,90
40	7,40	8,95	8,18	0,95	7 404,55	474 650 375,83	524 038,46
45	6,35	6,95	6,65	0,95	7 404,55	474 650 375,83	426 282,05
50	6,35	7,30	6,83	0,98	7 670,05	491 669 910,86	437 500,00
55	5,40	6,05	5,73	0,98	7 670,05	491 669 910,86	366 987,18
60	4,20	5,30	4,75	0,98	7 670,05	491 669 910,86	304 487,18
65	4,15	4,05	4,10	0,98	7 670,05	491 669 910,86	262 820,51
70	3,95	3,85	3,90	0,98	7 670,05	491 669 910,86	250 000,00
75	3,40	3,35	3,38	0,98	7 670,05	491 669 910,86	216 346,15
80	2,60	2,75	2,68	0,95	7 432,96	476 472 114,91	171 474,36
85	2,40	2,20	2,30	0,95	7 432,96	476 472 114,91	147 435,90
90	2,75	2,00	2,38	0,95	7 432,96	476 472 114,91	152 243,59
95	2,05	1,80	1,93	0,95	7 432,96	476 472 114,91	123 397,44
100	1,65	1,85	1,75	0,95	7 432,96	476 472 114,91	112 179,49
105	1,25	1,85	1,55	0,95	7 432,96	476 472 114,91	99 358,97
110	1,20	1,75	1,48	0,94	7 299,82	467 937 392,07	94 551,28
115	1,20	1,55	1,38	0,94	7 299,82	467 937 392,07	88 141,03
120	0,70	1,10	0,90	0,94	7 299,82	467 937 392,07	57 692,31
125	0,90	1,00	0,95	0,94	7 299,82	467 937 392,07	60 897,44
130	0,80	1,20	1,00	0,94	7 299,82	467 937 392,07	64 102,56
135	0,70	0,95	0,83	0,94	7 299,82	467 937 392,07	52 884,62
140	0,65	0,70	0,68	0,94	7 299,82	467 937 392,07	43 269,23
145	0,55	0,70	0,63	0,94	7 299,82	467 937 392,07	40 064,10
150	0,45	0,45	0,45	0,94	7 299,82	467 937 392,07	28 846,15
155	0,25	0,45	0,35	0,94	7 299,82	467 937 392,07	22 435,90
160	0,25	0,25	0,25	0,94	7 299,82	467 937 392,07	16 025,64
165	0,15	0,15	0,15	0,94	7 299,82	467 937 392,07	9 615,38
170	0,00	0,05	0,03	0,94	7 299,82	467 937 392,07	1 602,56
175	0,00	0,00	0,00	0,94	7 299,82	467 937 392,07	0,00

(R3 SD FM : maïs brachiaria en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

LR : Impact Racinaire



Graph 3: Graph of the root density per mass of soil in g on 1 ha for the mode of management R3 SD FM

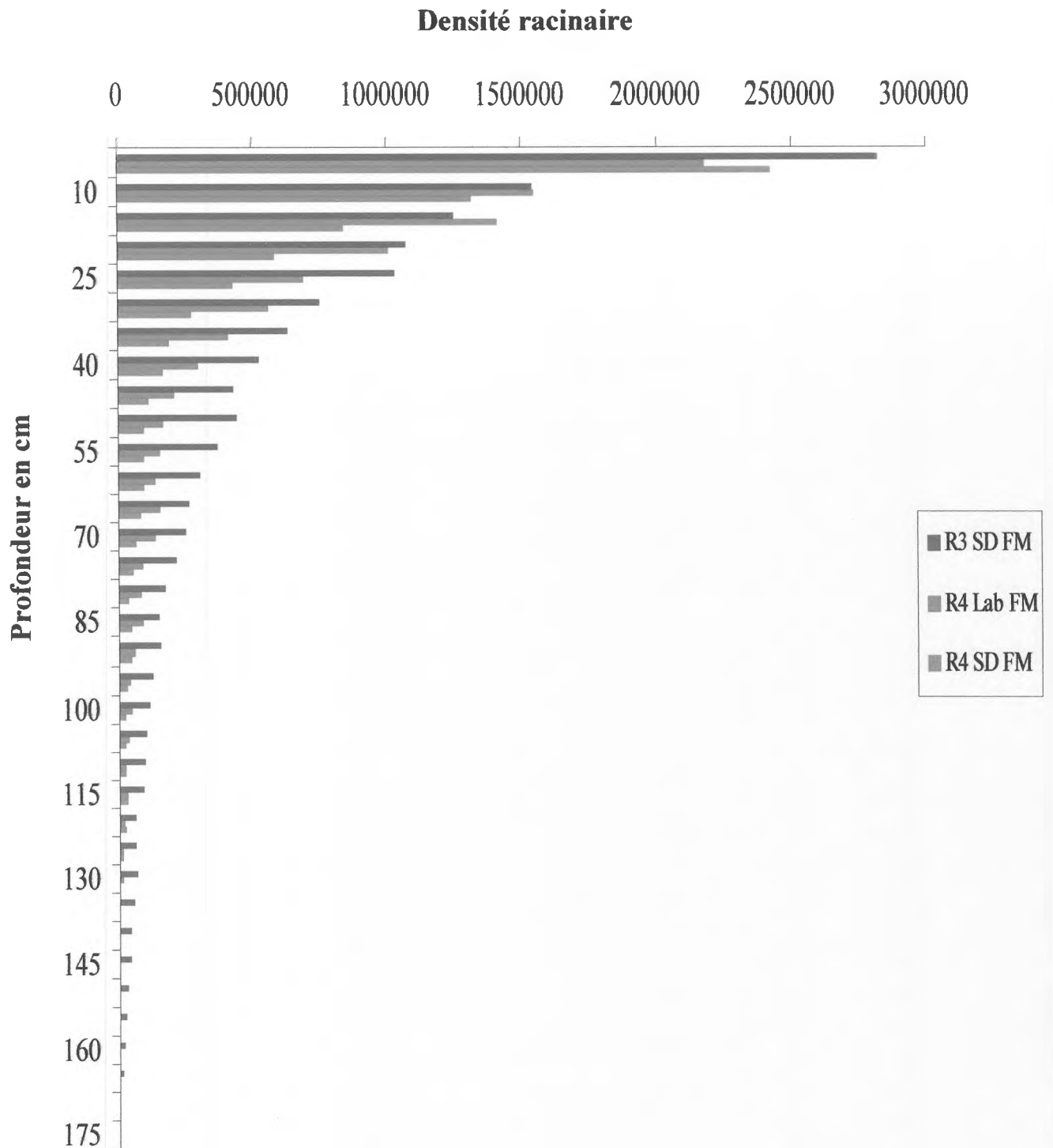
(R3 SD FM : maïs/brachiaria en semis direct, avec une fertilisation organo minérale)

Source : Auteur, 2007

D'après les trois tableaux ci-dessus nous avons un tableau de synthèse pour l'interprétation.

Tableau 15: Tableau de synthèse pour ces trois modes de gestion de sol

Profondeur en cm	Moyenne de la densité racinaire par masse du sol en g sur 1 ha		
	R4 SD FM	R4 Lab FM	R3 SD FM
5	2 423 076,92	2 177 884,62	2 822 115,38
10	1 315 705,13	1 544 871,79	1 536 858,97
15	834 935,90	1 408 653,85	1 245 192,31
20	581 730,77	1 006 410,26	1 070 512,82
25	429 487,18	689 102,56	1 028 846,15
30	275 641,03	557 692,31	748 397,44
35	190 705,13	410 256,41	628 685,90
40	165 064,10	294 871,79	524 038,46
45	113 782,05	209 935,90	426 282,05
50	92 948,72	168 269,23	437 500,00
55	94 551,28	157 051,28	366 987,18
60	94 551,28	139 423,08	304 487,18
65	81 730,77	153 846,15	262 820,51
70	64 102,56	137 820,51	250 000,00
75	52 884,62	91 346,15	216 346,15
80	35 256,41	83 333,33	171 474,36
85	46 474,36	86 538,46	147 435,90
90	49 679,49	57 692,31	152 243,59
95	32 051,28	43 269,23	123 397,44
100	25 641,03	46 474,36	112 179,49
105	25 641,03	38 461,54	99 358,97
110	24 038,46	24 038,46	94 551,28
115	28 846,15	28 846,15	88 141,03
120	20 833,33	16 025,64	57 692,31
125	12 820,51	14 423,08	60 897,44
130	6 410,26	11 217,95	64 102,56
135	6 410,26	4 807,69	52 884,62
140	4 807,69	1 602,56	43 269,23
145	1 602,56	0,00	40 064,10
150	0,00	0,00	28 846,15
155	0,00	0,00	22 435,90
160	0,00	0,00	16 025,64
165	0,00	0,00	9 615,38
170	0,00	0,00	1 602,56
175	0,00	0,00	0,00



Graphe 4 : Moyenne de la densité racinaire par masse du sol en g/ha pour les trois modes de gestion de sol : R4 SD FM, R4 Lab FM et R3 SD FM

Source : Auteur, 2007

D'après ces résultats, l'interprétation peut se faire en deux cas, comme suit :

❖ **Effet du système R3 SD FM et R4 SD FM**

Les racines des plantes de couverture sur R3, c'est-à-dire du brachiaria surtout car les deux systèmes comportent du maïs, pénètrent beaucoup en profondeur jusqu'à 170 cm par rapport au soja sur R4 à 140-145 cm. Ainsi. Dans les horizons de surface de 0 à 25 cm, colonisées par les racines, la densité racinaire des plantes de couverture sur R3 est nettement plus importante que sur les R4, que ce soit sur labour ou sur SD

Ces deux cas sont dûs aux caractéristiques du brachiaria par rapport aux autres plantes de couvertures, qui a un enracinement profond, très puissant et fasciculé contribuant à un labour biologique du sol, capable de mobiliser les éléments minéraux dans les sols difficiles à savoir : compacté, acide et à toxicité aluminique, lui confère une large adaptabilité dans le cadre de système de culture en semis direct (*Chabanne A., Husson O.*).

Pour le même mode de gestion du sol, en SD sur les deux systèmes (R3 SD FM et R4 SD FM), la densité racinaire de R3 l'emporte toujours.

❖ **Effet du mode de gestion du sol**

Pour le même type de système R4 mais qui diffère par le mode de gestion du sol : SD et labour, la densité racinaire sur le mode de gestion SD est plus important qu'en labour, surtout sur les 5 premiers centimètres. En dessous de cette profondeur sur le mode de gestion en labour, l'enracinement est plus important sur tout le profil racinaire par rapport au SD. Où la valeur de la densité racinaire sur R4 Lab est supérieure à R4 SD (Tableau 15). Cela veut dire que, les racines du soja/maïs sont moins développées en SD par rapport au labour. Pourtant les valeurs de la densité apparente sont toujours inférieures à 1 (ou presque), donc pas de problème de pénétration racinaires, mais elle doit être accélérée en labour.

Ces tendances du développement racinaire se maintiennent vers la profondeur, où :

- pour le système R4, l'enracinement s'estompe à 90 cm de profondeur, pour celui du R4 Lab FM et à 75 cm pour celui du R4 SD FM (Tableau 12 et 13) ;
- pour le système R3 SD FM, cet enracinement s'estompe à 120 cm (Tableau 14).

Ces résultats de la densité racinaire sur les trois systèmes R4 SD FM, R4 Lab FM R3 SD FM sont pareils à ceux de RAMAROFIDY Mamonjiniaina A, lors de l'étude du profil cultural qui a été faite l'année 2006 dans ce dispositif, où en allant vers la profondeur les racines diminuent progressivement et devient nulles.

1.3. Relation entre les résultats des profils racinaires et propriété physique du sol.

D'après ces résultats :

✓ premièrement, dans l'horizon A : horizon supérieur à zéro du éluvial ou lessivé, la présence de la structure grenue, grumeleuse, signifie une bonne teneur en matière organique, donc de potentialité nutritionnelle forte, et la texture meuble, ainsi que la présence de galerie, qui indique la bonne porosité et activité biologique provoque l'abondance des racines ;

✓ deuxièmement, dans l'horizon B : horizon illuvial ou horizon d'accumulation enrichie en éléments nutritifs venant de la surface (éléments constitués essentiellement par des particules très fines, par exemple : l'argile, et dans certains cas par des matières organiques et des minéraux solubles) les racines diminuent, peu nombreuses et deviennent nulles, suite à la compacité de la texture et aussi de la structure fragmentaire angulaire (polyédrique et polyédrique subanguleuse).

REMARQUE :

Plus le sol est profond et compact, plus la densité racinaire, l'assimilation des plantes de couverture en éléments nutritifs en profondeur diminuent et surtout la quantité des résidus souterrains dans le sol qui est la source de matière organique est faible.

Chapitre II : Résultats du suivi de la dégradation des résidus

2.1. Résultats à chaque prélèvement

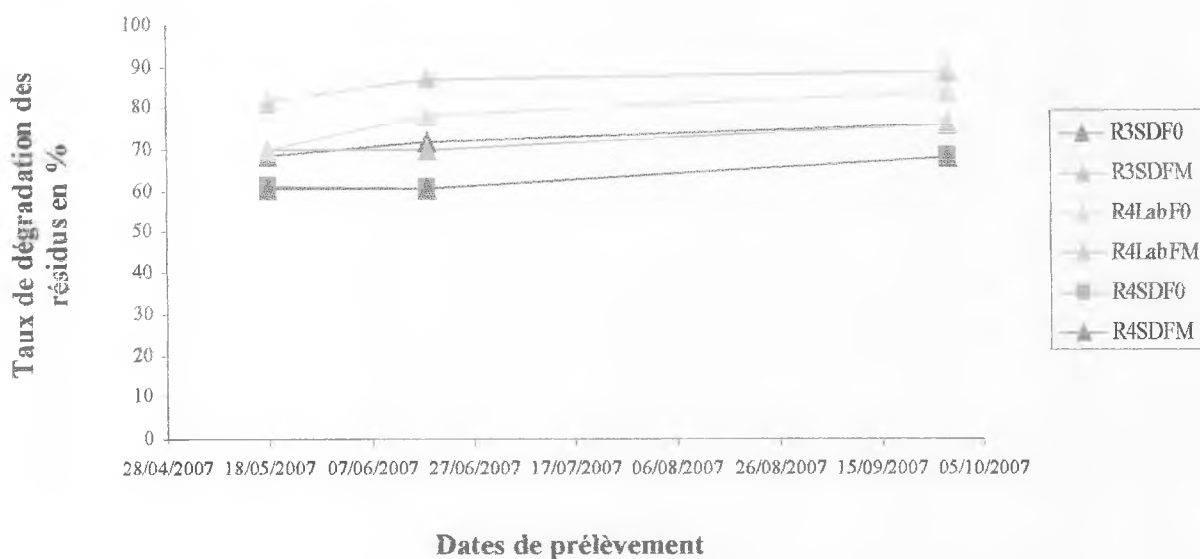
Ces résultats sont présentés dans le tableau 16 qui met en évidence le taux de dégradation des résidus suivant les systèmes et selon les modes de gestion de sol et suivant la date de prélèvement après 9 mois de la mise en place des liter-bags.

Tableau 16: Résultats de la dégradation des résidus, prélèvement du 18/05/2007, 18/06/2007 et 28/09/2007

Date de prélèvement	Système de culture	Fumure	Masse initiale des liter-bags en g (m0)	Masse moyenne des liter-bags non dégradés dans ces 4 blocs en g à l'état sec en g (m1)	Masse des liter-bags dégradés en g (m2=m0-m1)	Taux de dégradation des liter-bags
18.05.2007	R3 SD	FM	39,93	11,95	27,98	70,06
		F0	39,93	12,52	27,41	68,65
	R4 SD	FM	26,08	10,19	15,89	60,94
		F0	26,08	10,11	15,97	61,27
	R4 Lab	FM	9,86	1,82	8,04	81,52
		F0	9,86	2,97	6,89	69,87
18.06.2007	R3 SD	FM	39,93	11,99	27,94	69,96
		F0	39,93	11,25	28,69	71,84
	R4 SD	FM	26,08	10,21	15,87	60,84
		F0	26,08	10,24	15,84	60,73
	R4 Lab	FM	9,86	1,29	8,57	86,89
		F0	9,86	2,15	7,71	78,21
28.09.2007	R3 SD	FM	39,93	9,58	30,36	76,02
		F0	39,93	9,61	30,32	75,93
	R4 SD	FM	26,08	8,29	17,79	68,22
		F0	26,08	8,30	17,78	68,17
	R4 Lab	FM	9,86	1,10	8,76	88,84
		F0	9,86	1,59	8,27	83,90

Tableau 17: Taux de dégradation des résidus par système

Système	Gestion de sol	Fumure	Taux de dégradation des liter-bags		
			18/05/2007	18/06/2007	28/09/2007
R3	SD	FM	70,06	69,96	76,02
		F0	68,65	71,84	75,93
R4	SD	FM	60,94	60,84	68,22
		F0	61,27	60,73	68,17
R4	Lab	FM	81,52	86,89	88,84
		F0	69,87	78,21	83,9



Courbe 2: Courbe de l'évolution de la dégradation des résidus par système

Source : Auteur, 2007

2.2 Interprétation de ces résultats des prélèvements

D'après les résultats obtenus, la dégradation des résidus est plus élevée sur le mode de gestion labouré en FM après les 9 mois de la mise en place des liter-bags. Ce taux de dégradation se trouve entre 69,87 en système Lab F0 et 88,84 sur le système Lab FM. Sur les parcelles labourées où les liter-bags sont enfouis dans le sol, la vitesse de dégradation est plus rapide face à celles en semis direct, placés en surface. Dans le sol (milieu anaérobie) l'attaque ou la prolifération d'animaux (insectes, acariens, vers, mollusques et autres), de végétaux notamment champignons, et de bactéries, est important envers les résidus. Ce

milieu favorise et accélère la vitesse de dégradation, par contre en surface (milieu aéré) cette vitesse est lente.

En culture avec semis direct, le taux de dégradation est identique dans tous les systèmes, indépendamment de la fumure et de la durée de la dégradation des résidus, variant de 60,73 en R4 SD F0 à 76,02 en R3 SD FM.

Nous avons aussi remarqué que le taux de dégradation est plus élevé sur le système R3 SD (maïs/brachiaria) par rapport au système R4 SD (maïs/soja). Ces résultats nous montrent que la décomposition est plus rapide en R3 (association graminée/graminée) qu'en R4 (association graminée/légumineuse). Cela est dû à l'existence de brachiaria, une graminée très feuillue, où les feuilles sont facilement décomposées par rapport aux tiges du soja. Dans notre cas, le soja en tant que légumineuse source d'azote, un des éléments qui favorisent l'accélération de la décomposition n'a aucune influence sur cette dégradation.

Chapitre III : Résultats de la teneur en azote et carbone des résidus

3.1. Teneur en azote et carbone des résidus

Dans le cadre de cette étude, l'un de notre objectif est de connaître la capacité des plantes de couverture de récupérer en profondeur les éléments minéraux, dont principalement l'azote, pour les ramener en surface, pour être mis, plus facilement à la disposition de la plante cultivée suivante. Une analyse de la teneur en azote et en carbone des résidus de ces plantes de couverture a été ainsi effectuée au laboratoire du CIRAD à Montpellier. En effet, ces deux éléments constituent la composition chimique des végétaux. Par ailleurs, le carbone, avec l'hydrogène et l'oxygène représente les principaux constituants de la matière organique. Il se décompose et se minéralise, sous l'action des micro-organismes et de divers autres facteurs de l'environnement pour donner de l'azote, un élément majeur requis pour la nutrition minérale du végétal. Le rapport C/N, renseigne également ainsi sur le potentiel de minéralisation de ces résidus.

Il est indiqué dans la littérature, que la teneur en carbone et en azote de la matière sèche des végétaux varie respectivement entre 45 à 50 % et entre 1 à 3 %.

La teneur en ces 2 éléments, des résidus des plantes de couverture, considérées dans le cadre de notre étude, est présentée dans le tableau 18 ci-dessous, suivant les systèmes (R3 et R4) et leur mode de gestion du sol : semis direct (SD) et labour (Lab)

Tableau 18: Teneur en Carbone et en azote des résidus après récolte ,

Système	Gestion du sol	Fertilisation	Nature résidus	C%	N%	Rapport C/N
R4	SD	FM	Maïs+ soja	45,61	1,09	41,84
R4	Lab.	FM	Maïs+ soja	43,15	1,31	32,94
R3	SD	FM	Maïs+brachiaria	43,51	1,54	28,25

D'après ce tableau, pour le même mode de gestion du sol, R4 SD et R3 SD, les résidus du maïs/brachiaria, du système R3 est mieux pourvu en azote (1,54 %) que celui des résidus de maïs/soja du système R4 (1,09%). Cela peut s'expliquer par le fait que le brachiaria récupère mieux l'azote dans sol. Le rapport C/N égale à 28,25 représente la vitesse

de minéralisation meilleure des résidus (maïs/brachiaria) pour R3 par rapport à R4 (maïs/soja) après leur décomposition. Par ailleurs, les systèmes racinaires des plantes de couverture du système en R3 atteignent une profondeur de 170 cm (tableau 15), considérons ainsi qu'ils ont exploré plus de volume de sol et par voie de conséquence, ont pu puiser plus en profondeur l'azote, emporté par drainage. Il est également à signaler que les résidus de brachiaria, apparaissent moins ligneux que ceux du soja. De ce fait, ils sont plus facilement dégradables et minéralisables que ces derniers.

Pour le même système R4, mais qui diffère par le mode de gestion du sol, SD et labour, les résidus de maïs+soja, enfouis au labour, présentent également, une teneur en azote, plus élevée que ceux laissés en surface, en semis direct 1,34 % et 1,09 %. En effet, leur vitesse de dégradation est plus rapide et le processus de minéralisation est plus intense, en raison de leur contact direct avec le sol et l'action plus active des microorganismes dans le sol, qu'en surface.

Néanmoins, quels que soient la nature des résidus suivant les types de systèmes (**Maïs/brachiaria ou Maïs/soja**) et le mode de gestion de sol (SD et labour), le rapport C/N qui demeure élevé, supérieure à 12%, nous indique que le potentiel de minéralisation est d'une manière générale faible si bien que l'offre en azote fourni par les résidus n'est pas suffisante. En effet, les vitesses de minéralisation présentées ici correspondent à celle de ces résidus pendant la période sèche et froide, ainsi les facteurs régissant la minéralisation de la matière organique (humidité, température) ne sont pas tellement favorables pour une dégradation rapide de ces résidus.

3.2. Relation du profil racinaire et teneur en azote des résidus

Les études antérieures menées sur ce même dispositif de l'URP/SCRiD à Andranomanelatra, sur le suivi de la dynamique de l'azote dans le profil cultural, ont révélé la concentration d'une quantité importante d'azote dans les horizons de profondeur, hors des zones racinaires des plantes cultivées. Ce phénomène est dû à une perte d'azote par drainage et lessivage. Le stock en azote minéral en fin de cycle sur une profondeur de 90 cm, est compris entre 247,23 (R4 SD F0) à 1322,34 (R3 SD FM) kg/ha (Tableau 19) (A. M. RAMAROFIDY, 2006). Partant de cette situation, l'étude que nous avons menées, s'est posée comme hypothèse de pouvoir puiser par les plantes de couverture, ces stocks d'azote en profondeur à travers l'enracinement profond et puissant, notamment du brachiaria et de la vesce dans les systèmes étudiés. Or, bien que cet enracinement soit profond surtout en R3, la teneur en azote des résidus n'est pas si importante. Considérant que le rendement en matière

sèche des résidus en kg par hectare est de 4310,88, 4167,25 et 2199,80, respectivement pour R3SDFM, R4SDFM et R4LabFM (R. A. ANDRIAMANATSJETIBENJA, 2007), la teneur en azote des résidus de ces dits systèmes étant respectivement de 1,54, 1,09 et 1,31% de la matière sèche, la teneur en azote fourni par ces résidus sont donc respectivement de 66,39, 45,42 et 28,82 kg/ha.

Teneur
 $1,54 \times (4310,88) / 100 = 66,39 \text{ kg/ha}$ ok
ce n'est pas si mal !

CONCLUSION

D'après les études faites dans le dispositif de l'URP/SCRiD, nous avons obtenu :

➤ la densité racinaire est plus élevée en R3 (maïs/brachiaria) qu'en R4 (maïs/soja) sur le même système (semis direct), de même l'enracinement est plus profond du fait des caractéristiques du brachiaria très puissant et fasciculé, qui est capable de mobiliser les éléments minéraux dans les sols difficiles.

Pour le mode de gestion R4 SD FM et R4 Lab FM, en semis direct la profondeur d'enracinement est plus importante qu'en culture labourée.

➤ la dégradation des résidus de récolte est plus rapide sur le système labour, où les liter-bags sont enfouis dans le sol, par rapport au système avec couverture végétale avec lequel, ceux-ci sont placés en surface.

➤ du point de vue fertilisation, dans tous les systèmes la présence de FM accélère la vitesse de dégradation des résidus par la présence de l'azote dans l'engrais organique qui est un facteur favorisant l'accélération de la vitesse de dégradation.

➤ Enfin, le système R3 est mieux pourvu en azote que celui des résidus de maïs/soja du système R4, du fait de la dégradation des résidus en R3 qui est plus rapide que celle des résidus du système en R4. ainsi les systèmes racinaires des plantes de couverture surtout le brachiaria atteignent des profondeurs de 170 cm et peuvent exploré plus de volume de sol, donc sont intéressants par rapport au puisage des éléments nutritifs

Quoi que des études scientifiques restent à effectuer sur ce contexte, pour une bonne gestion et une meilleure nutrition des plantes, nous proposons d'étudier la biomasse microbienne du sol pour la bonne dégradation des résidus et le rôle de pompe biologique des plantes de couvertures sur le recyclage et puisage des éléments en profondeur.

*Différence
de conclusion
obtenue dans un
travail des
recherches*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- A.F.D.- *Le Semis direct sur Couverture Végétale permanente (S.C.V) : Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du sud.*- 2006.
- 2- Bliefert Pernaud.- *Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets.*- Book Diffusion.- 2001.- sp.
- 3- C. JOURDAN, CIRAD et al.- *Méthodes d'études des systèmes racinaires au champ menées au CIRAD.*- Fiche technique CIRAD.
- 4- Chabanne ANDRE, Husson OLIVIER et al.- *Une solution pour les sols dégradés et compactés : le *Brachiaria ruziziensis* suivi d'un riz pluvial.*- fiche technique.
- 5- CHATELIER D.- *L'agriculture de couverture et le semis direct : une voie pour le développement durable et propre.*- Paris, 03 Mars 1999.- Compte rendu de la table ronde, Salon International de l'agriculture.
- 6- Christophe Jourdan.- *Les racines : morphologie, typologie et rappel de leurs différentes fonctions.*- CERAAS (Sénégal), 09-13 Mai 2005 - Formation RACINE'SITU.
- 7- CIRAD, GRET.- *Mémento de l'agronome.*- France, Décembre 2002.- 1691.
- 8- Clément Mathieu, François Pieltain.- *Analyse chimique des sols : Méthodes choisies.*- édition [TEC et DOC].- novembre 2003.- 387p.
- 9- D. Lucie RAHANTARINORO.- *Science et techniques de culture.*- A.S.J.A., 2005.- Cours 3^{ème} Année.
- 10- Dominique SOLTNER.- *Les bases de la production végétale : La plante et son amélioration.*- 4^{ème} édition.- 2005.- 304p.- Science et Techniques Agricoles, Tome 3.
- 11- Dominique SOLTNER.- *Les bases de la production végétale : Les sols et son amélioration.* 24^{ème} édition.- 2005.- 472p.- Science et Techniques Agricoles, Tome 1.
- 12- F.A.O.- *Le soja dans le tropiques : amélioration et production, productions végétales et protection des plantes.*- 1995.- 273p.- n° 27.

- 13- Fanomezatsoa ANDRIAMAPIRAY.- Plan Communal de développement : commune rurale Andranomanelatra (P.C.D.).- Mars 2003.- 28p.
- 14- Florent Gérard RADONANDRASANA.- *Etude de l'impact et de performances économiques de la pratique des S.C.V., O.N.G. Tafa terroir d'Ivory.*- Ecole Supérieure Spécialisée du Vakinankaratra, 2005.- 67p.- Mémoire de fin d'étude 3^{ème} Année Gestion Management.
- 15- G. LEMEE.- *Précis d'écologie végétale : Maîtrise de biologie.*- Paris : Masson, 1978.- 285p.
- 16- H. CHARPENTIER, C. RAZANAPARANY et al.- Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar.- Avril 2005.- 135p.- rapport de campagne 2003/04 Lac Alaotra, Sud-Est et Morondava.
- 17- H. DUPRIER, P. DE LEENER.- *Agriculture tropicale en milieu paysan africain.*- édition. [TERRES ET VIE].- 5-7 rue Laurent Delvaux, 13, 1400 Nivelles, Belgique, 1986.- 280p.
- 18- Haja Mamitiana RAMANANTSIALONINA.- *Evolution de la faune et des dégâts aux cultures en fonction du mode de gestion des sols.*- Université d'Antananarivo E.S.S.A., 1998.- 89p.- Mémoire d'ingénieur en agronomie, spécialiation Agriculture.
- 19- Haja Mathieu RAVELOJAONINA.- *Effet du semis sous couverture végétale permanent (S.C.V.) sur le stock en carbone dans le sol : cas du Sud-Est Malagasy, Manakara.*- A.S.J.A. Antsirabe, 27 Novembre 2006.- 97p.- Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques.
- 20- J. L. Chopart.- *Le systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes, d'étude in situ, développement, fonctionnement.*- CIRAD-CA Station Ligne Paradis, 7, chemin de l'IRAT, 97410, Saint Pierre La Réunion, Avril 2004.- 40p.
- 21- Jean-Patrick LAFON, Gilles LEVY et al.- *Biologie des plantes cultivées.*- 2^{ème} édition. [Organisation / Physiologie de la nutrition].- 1996.- p. 138-141.- tome 1.
- 22- KAOURITCHEV et al.- *Manuel pratique de pédologie.*- édition [MIR].- Moscou, 1983.- 278p.

- 23- Mamonjiniaina Andriamirajo RAMAROFIDY.- *Système de culture sous couverture végétale : caractérisation de la dynamique de l'azote minéral dans le profil cultural et quantification du stock d'azote.*- A.S.J.A. Antsirabe, 24 Novembre 2006.- 93p.- Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques.
- 24- Mathieu GOUDET.- *Caractéristiques agraires d'un territoire villageois des Hautes Terres malgaches et Conditions d'adaptation des systèmes de culture à base de couverture végétale.*-E.N.S.A.T. Toulouse, Octobre 2003.- 79p.
- 25- Microsoft Encarta.- *Encyclopédie Encarta.*- 2005.- © 1993-2004 Microsoft Corporation.
- 26- MUNSELL, Soil Color Charts.- édition 1975.- Munsell Color, MACBETH DIVISION OF KOLLMORGEN CORPORATION 2441 NORTH CALVERT STREET BALTIMOR, MARYLAND 21218.
- 27- O. Husson, L. Séguy et al.- *Le semis direct sur couverture végétale permanente : Enjeux et potentiel pour l'agriculture durable à Madagascar.*- 8p.- Fiche technique CIRAD/G.S.D.M.
- 28- P. Hubert.- *Recueil de fiches technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles de Madagascar.*- édition [revue et corrigée].- 1970.- 379p.- Tome 1.
- 29- P. Hubert.- *Recueil de fiches technique d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles de Madagascar.*- édition [revue et corrigée].- Janvier 1971.- 423p.- Tome 2.
- 30- P. RAKOTONDRALAMBO, ONG TAFI.- *Création, formation et appui à la diffusion pour des systèmes de culture en semis direct sur couverture permanente des sols dans différentes écologies de Madagascar.*- Fiche technique.
- 31- P. SMIRNOV, E. MOURAVINE et al.- *L'agrochimie.*- édition. [MIR].- Moscou, 1977.- 277p.
- 32- Philippe DUCHAUFOR.- *Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement.*- 6^o éd. de l'abrégé de pédologie [Dunod].- Paris, Janvier 2001.- 331p.

- 33- R. A. ANDRIAMANANTSIBENJA.- *Productivité des systèmes de culture en fonction de la capacité d'absorption de l'azote par rapport à la production de biomasse aérienne et à l'évolution de la dégradation des résidus.*- I.S.P.M.-Antananarivo, Juin 2007.- Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, filière Tourisme et environnement.
- 34- R. MICHELLON, C. RAZANAPARANY et al.- *Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar : volet dispositif d'appui technique et formation.*- Février 2006.- 154p.- Rapport de campagne 2004-2005, Haute Terre et Moyen-Ouest.
- 35- R. MICHELLON, C. RAZANAPARANY et al.- *Projet d'appui à la diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar : volet dispositif d'appui technique et formation.*- Février 2007.- 177p.- Rapport général d'exécution, Haute Terre et Moyen-Ouest. Rapport de campagne 2005-2006.
- 36- R. MICHELLON.- *Mode de gestion écologique des sols et système de culture à bases de géranium dans les Hauts de l'Ouest de La Réunion.*- CIRAD-CA.- 97p.- Rapport n°47-1996.
- 37- Région VAKINANKARATRA.- *Programme de développement régional (P.D.R).*- Mars 2005.-68p.- Madagasikara naturellement.
- 38- Robert Barbault.- *Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère.*- 5^{ème} édition [DUNOD].- Paris, 2000.- 326p.- 1^{er} cycle.
- 39- Roger DOUCET.- *La science agricole : Climat, sols et végétales du Québec.*- 2^{ème} édition [revue].- Décembre 1997.- 699p.
- 40- Sahondra ANDRIAMALAZA.- *Fertilisation.*- A.S.J.A., 2005.- Cours 3^{ème} Année.
- 41- Sahondra ANDRIAMALAZA.- *Pédologie.*- A.S.J.A., 2004.- Cours 2^{ème} Année.
- 42- Tafa, Présentation S.C.V.- *Le semis direct sur couverture végétale : définition et principe.*
- 43- Tantely Maminiaina RAZAFIMBELO.- *Stockage et protection de carbone dans le sol ferrallitiques sous système en semis direct avec couverture végétale des Hautes Terres Malgaches.*- E.N.S.A. Montpellier, 28 Novembre 2005.- 123p.- Thèse de doctorat en science du sol.

44- U.P.D.R.- Monographie de la région Vakinankaratra.- Juin 2003.- 108p.

45- Vololona RANARISON.- *Evaluation variétale de riz pluvial en relation avec les conditions du milieu de culture.*- A.S.J.A. Antsirabe, Novembre 2005.- 87p.- Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques.

46- W. BOHM.- *In situ estimation of root length at natural soil profiles.*- Institute of Agronomy and Crop Science, University Gottingen, v. Siebold- Str. 8, W. Germany, 12 January 1976.- 4p.- Fiche technique.

47- Zolalaina ANDRIAMANANTENA.- *Biomasse racinaire des plantes sous différents systèmes de culture : labour et semis direct sous couverture végétale dans le Vakinankaratra.*- E.S.S.A. Université d'Antananarivo, Département agriculture, 2006.- 53p.- Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en agronomie.

CYBEROGRAPHIE

- <http://agroecologie.cirad>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/racine-botanique>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Rhizosphère>
- <http://www.google.com/anastomose>,
- [http://www.google.com/sol-matière organique](http://www.google.com/sol-matière%20organique)

ANNEXES

ANNEXE I: Matériels pour l'analyse ultérieurement de la teneur en azote et en carbone organique des résidus (C. Mathieu, F. Pieltain, 2003)

- balance de précision
- fioles
- fioles coniques
- burette automatique
- matras
- mortier en porcelaine de 1l et pilon ;
- agitateur magnétique et barreaux aimantés ;
- micropipette à piston réglable 200-1 000 micromètres ;
- rampe d'attaque (encore appelée rampe de minéralisation kjeldahl) installée sous hotte aspirante ;
- appareil à distillation.
- étuve ventilée et réglée à 105°C ;
- béchers
- éprouvettes
- gants de protection et papier de pesé (glassine 100 x 100 mm).
- pipette automatique de 20 ml ;
- bouteille de 5 000 ml (pour eau déminéralisée) ;
- pissette souple de 50 ml avec flacon polyéthylène de 1l, (pour solution de bichromate) ;
- flacon compte gouttes de 1 000ml, (pour ferroïne) ;

ANNEXE II: Réactifs pour la détermination de la teneur en azote et en carbone organique des résidus

❖ Réactifs pour la détermination de la teneur en azote

- Acide sulfurique concentré (H_2SO_4)
- Catalyseur de minéralisation Kjeldahl : mélange de 3,5 g de K_2SO_4 et de 0,4 g de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ par échantillon.
- Solution d'hydroxyde de sodium 10 N
- Solution d'acide sulfurique 0,01 N
- Indicateur mixte : dissoudre 0,0495 g de vert de bromocrésol et 0,033 g de rouge de méthyle dans 50 ml d'éthanol.
- Solution d'acide borique à 2% : Dans une fiole jaugée de 2 l, dissoudre 40 g de H_3BO_3 dans 1800 ml d'eau distillée. Ajouter ensuite 40 ml de la solution de l'indicateur mixte. Mélanger et ajuster le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de la jauge.

❖ Réactifs pour la détermination de la teneur en carbone organique des résidus

- Bichromate de potassium 1N : Dissoudre 49,04g de $K_2Cr_2O_7$ dans une fiole jaugée de 1l avec de l'eau distillée et compléter le volume jusqu'au trait du jauge.
- Acide sulfurique concentré : 20 ml par échantillon.
- Sulfate ferreux 0,5 N : Dissoudre 140g de sulfate ferreux ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) dans une fiole jaugée de 1l avec de l'eau distillée. Ajouter 15 ml de H_2SO_4 concentré et compléter le volume à 1l avec de l'eau distillée.
- Complexe ferreux-ortho-phénantroline 0,025 M : dissoudre 1,485 g d'ortho-phénantroline monohydraté $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$ et 0,695g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dans de l'eau distillée et compléter le volume à 100 ml.

ANNEXE III: Campagne 2006-2007, tableau de la pluviométrie et la température de la commune rurale d'Andranomanelatra

mois	pluviométrie (mm)	Température moyenne (°C)
septembre	3,0	15,6
octobre	40,0	17,9
novembre	154,5	19,2
décembre	305,5	19,5
janvier	699,0	19,3
février	205,5	20
mars	83,0	18,9
avril	52,5	18,1
mai	33,0	16,7
juin	4,0	12,8
juillet	5,5	13,6
août	1,0	14
Total :	1586,5	Moyenne : 17,1

Source : Station météorologique CIMEL Andranomanelatra, 2007

ANNEXE IV: Moyenne de 5 ans depuis 2003, tableau de la pluviométrie, la température et Courbe ombrothermique de la commune rurale d'Andranomanelatra

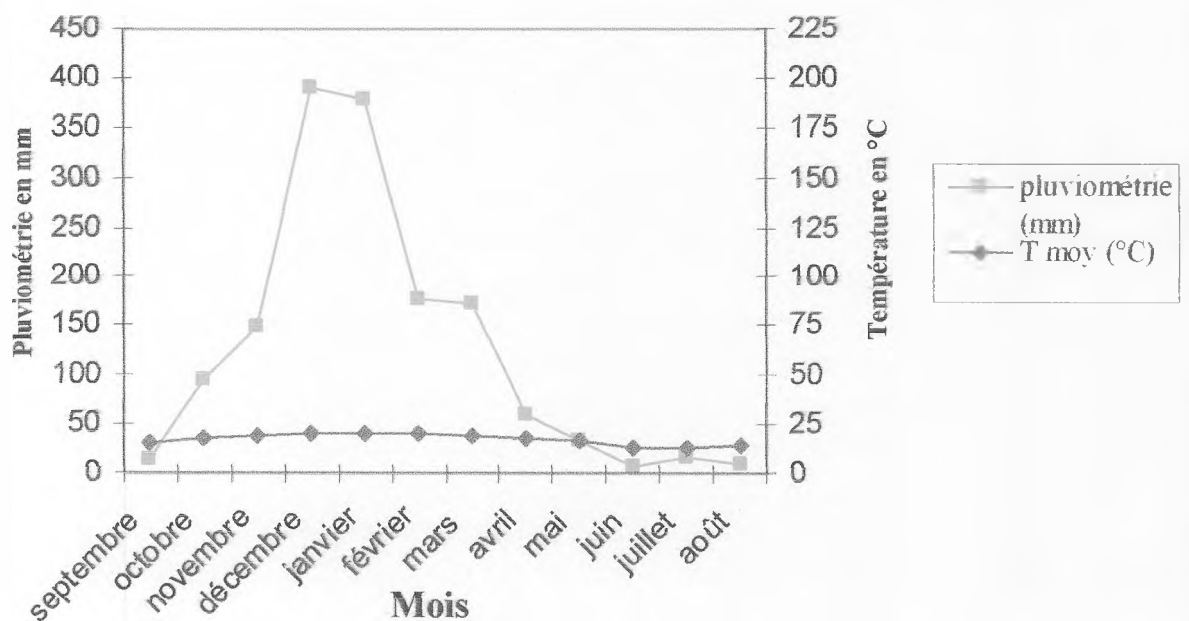
❖ **Tableau de la pluviométrie et température de la commune rurale**

d'Andranomanelatra

mois	pluviométrie (mm)	Température moyenne (°C)
septembre	13,8	15,6
octobre	95,4	18,0
novembre	147,4	18,8
décembre	390,9	19,5
janvier	379,5	19,6
février	176,4	19,6
mars	172,8	19,2
avril	57,9	17,8
mai	32,5	16,0
juin	7,9	13,4
juillet	16,1	12,9
août	9,5	13,8
Total :	1500,0	Moyenne : 17,0

Source : Station météorologique CIMEL Andranomanelatra, 2007

❖ **Courbe ombrothermique de la commune rurale d'Andranomanelatra**



Source : Station CIMEL Andranomanelatra, 2007

ANNEXE V: Les tableaux des résultats d'impact racinaire des plantes de couverture par parcelle

❖ Résultat de profil racinaire sur la parcelle A12 R4 SD FM

Profondeur en cm	nombre de I.R 1^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	38,1	40,6	39,35	0,90	7 020,85	450 054 347,83	2 522 435,90
10	24,1	15,3	19,70	0,92	7 208,22	462 065 217,39	1 262 820,51
15	12,4	10,8	11,60	0,86	6 676,16	427 958 953,47	743 589,74
20	11,5	6,9	9,20	0,86	6 676,16	427 958 953,47	589 743,59
25	8,5	5,7	7,10	0,93	7 282,69	466 839 357,55	455 128,21
30	5,0	3,1	4,05	0,93	7 282,69	466 839 357,55	259 615,38
35	4,3	1,0	2,65	0,95	7 408,44	474 899 929,13	169 871,79
40	4,4	1,3	2,85	0,95	7 408,44	474 899 929,13	182 692,31
45	1,8	1,2	1,50	0,95	7 408,44	474 899 929,13	96 153,85
50	2,0	0,8	1,40	1,00	7 783,34	498 931 911,88	89 743,59
55	2,1	0,9	1,50	1,00	7 783,34	498 931 911,88	96 153,85
60	1,8	0,6	1,20	1,00	7 783,34	498 931 911,88	76 923,08
65	1,6	0,8	1,20	1,00	7 783,34	498 931 911,88	76 923,08
70	1,0	0,6	0,80	1,00	7 783,34	498 931 911,88	51 282,05
75	0,9	0,5	0,70	1,00	7 783,34	498 931 911,88	44 871,79
80	1,0	0,3	0,65	1,00	7 783,34	498 931 911,88	41 666,67
85	0,8	0,3	0,55	1,00	7 783,34	498 931 911,88	35 256,41
90	0,8	0,3	0,55	1,00	7 783,34	498 931 911,88	35 256,41
95	0,3	0,1	0,20	1,00	7 783,34	498 931 911,88	12 820,51
100	0,3	0,3	0,30	1,00	7 783,34	498 931 911,88	19 230,77
105	0,2	0,2	0,20	1,00	7 783,34	498 931 911,88	12 820,51
110	0,5	0,3	0,40	0,97	7 530,68	482 735 902,73	25 641,03
115	0,3	0,4	0,35	0,97	7 530,68	482 735 902,73	22 435,90
120	0,2	0,1	0,15	0,97	7 530,68	482 735 902,73	9 615,38
125	0,1	0,2	0,15	0,97	7 530,68	482 735 902,73	9 615,38
130	0,0	0,1	0,05	0,97	7 530,68	482 735 902,73	3 205,13
135	0,0	0,1	0,05	0,97	7 530,68	482 735 902,73	3 205,13
140	0,0	0,1	0,05	0,97	7 530,68	482 735 902,73	3 205,13
145	0,0	0,0	0,00	0,97	7 530,68	482 735 902,73	0,00

(A12 R4 SD FM : maïs/soja en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires

❖ Résultat de profil racinaire sur la parcelle B16 R4 SD FM

Profondeur en cm	nombre de I.R 1 ^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2 ^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	40,5	32,0	36,25	0,90	7 020,85	450 054 347,83	2 323 717,95
10	24,2	18,5	21,35	0,92	7 208,22	462 065 217,39	1 368 589,74
15	12,8	16,1	14,45	0,86	6 676,16	427 958 953,47	926 282,05
20	5,6	12,3	8,95	0,86	6 676,16	427 958 953,47	573 717,95
25	5,0	7,6	6,30	0,93	7 282,69	466 839 357,55	403 846,15
30	4,4	4,7	4,55	0,93	7 282,69	466 839 357,55	291 666,67
35	3,2	3,4	3,30	0,95	7 408,44	474 899 929,13	211 538,46
40	2,3	2,3	2,30	0,95	7 408,44	474 899 929,13	147 435,90
45	1,8	2,3	2,05	0,95	7 408,44	474 899 929,13	131 410,26
50	2,0	1,0	1,50	1,00	7 783,34	498 931 911,88	96 153,85
55	1,1	1,8	1,45	1,00	7 783,34	498 931 911,88	92 948,72
60	1,9	1,6	1,75	1,00	7 783,34	498 931 911,88	112 179,49
65	1,4	1,3	1,35	1,00	7 783,34	498 931 911,88	86 538,46
70	1,1	1,3	1,20	1,00	7 783,34	498 931 911,88	76 923,08
75	1,0	0,9	0,95	1,00	7 783,34	498 931 911,88	60 897,44
80	0,5	0,4	0,45	1,00	7 783,34	498 931 911,88	28 846,15
85	1,4	0,4	0,90	1,00	7 783,34	498 931 911,88	57 692,31
90	1,5	0,5	1,00	1,00	7 783,34	498 931 911,88	64 102,56
95	1,3	0,3	0,80	1,00	7 783,34	498 931 911,88	51 282,05
100	0,8	0,2	0,50	1,00	7 783,34	498 931 911,88	32 051,28
105	1,2	0,0	0,60	1,00	7 783,34	498 931 911,88	38 461,54
110	0,5	0,2	0,35	0,97	7 530,68	482 735 902,73	22 435,90
115	1,1	0,0	0,55	0,97	7 530,68	482 735 902,73	35 256,41
120	1,0	0,0	0,50	0,97	7 530,68	482 735 902,73	32 051,28
125	0,5	0,0	0,25	0,97	7 530,68	482 735 902,73	16 025,64
130	0,3	0,0	0,15	0,97	7 530,68	482 735 902,73	9 615,38
135	0,3	0,0	0,15	0,97	7 530,68	482 735 902,73	9 615,38
140	0,2	0,0	0,10	0,97	7 530,68	482 735 902,73	6 410,26
145	0,1	0,0	0,05	0,97	7 530,68	482 735 902,73	3 205,13
150	0,0	0,0	0,00	0,97	7 530,68	482 735 902,73	0,00

(B16 R4 SD FM : maïs/soja en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires

❖ **Résultat de profil racinaire sur la parcelle A16 R4 Lab FM**

Profondeur en cm	nombre de I.R 1 ^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2 ^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	34,3	27,8	31,05	0,96	7 509,20	481 358 695,65	1990 384,62
10	38,0	18,9	28,45	0,90	7 048,83	451 847 826,09	1823 717,95
15	34,3	17,5	25,90	0,88	6 833,83	438 065 862,11	1660 256,41
20	21,5	14,0	17,75	0,88	6 833,83	438 065 862,11	1137 820,51
25	14,8	9,2	12,00	0,91	7 068,58	453 113 926,07	769 230,77
30	8,9	7,1	8,00	0,91	7 068,58	453 113 926,07	512 820,51
35	6,8	7,0	6,90	1,01	7 847,96	503 074 496,65	442 307,69
40	6,3	4,3	5,30	1,01	7 847,96	503 074 496,65	339 743,59
45	5,1	2,7	3,90	1,01	7 847,96	503 074 496,65	250 000,00
50	4,3	2,1	3,20	1,01	7 860,81	503 898 022,54	205 128,21
55	2,5	3,1	2,80	1,01	7 860,81	503 898 022,54	179 487,18
60	2,1	2,3	2,20	1,01	7 860,81	503 898 022,54	141 025,64
65	2,1	2,1	2,10	1,01	7 860,81	503 898 022,54	134 615,38
70	1,6	1,9	1,75	1,01	7 860,81	503 898 022,54	112 179,49
75	1,0	0,7	0,85	1,01	7 860,81	503 898 022,54	54 487,18
80	0,7	0,2	0,45	0,97	7 563,38	484 832 150,45	28 846,15
85	0,6	0,2	0,40	0,97	7 563,38	484 832 150,45	25 641,03
90	0,3	0,1	0,20	0,97	7 563,38	484 832 150,45	12 820,51
95	0,1	0,2	0,15	0,97	7 563,38	484 832 150,45	9 615,38
100	0,3	0,0	0,15	0,97	7 563,38	484 832 150,45	9 615,38
105	0,4	0,0	0,20	0,97	7 563,38	484 832 150,45	12 820,51
110	0,1	0,0	0,05	0,99	7 706,26	493 990 756,55	3 205,13
115	0,2	0,0	0,10	0,99	7 706,26	493 990 756,55	6 410,26
120	0,1	0,0	0,05	0,99	7 706,26	493 990 756,55	3 205,13
125	0,0	0,0	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00
130	0,0	0,0	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00
135	0,0	0,0	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00
140	0,0	0,0	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00

(A16 R4 Lab FM : maïs/soja en culture labourée avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires



Résultat de profil racinaire sur la parcelle B21 R4 Lab FM

Profondeur en cm	nombre de I.R 1 ^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2 ^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	42,6	31,2	36,90	0,96	7 509,20	481 358 695,65	2 365 384,62
10	25,9	13,6	19,75	0,90	7 048,83	451 847 826,09	1 266 025,64
15	24,0	12,1	18,05	0,88	6 833,83	438 065 862,11	1 157 051,28
20	17,5	9,8	13,65	0,88	6 833,83	438 065 862,11	875 000,00
25	11,5	7,5	9,50	0,91	7 068,58	453 113 926,07	608 974,36
30	10,0	8,8	9,40	0,91	7 068,58	453 113 926,07	602 564,10
35	7,5	4,3	5,90	1,01	7 847,96	503 074 496,65	378 205,13
40	5,3	2,5	3,90	1,01	7 847,96	503 074 496,65	250 000,00
45	3,7	1,6	2,65	1,01	7 847,96	503 074 496,65	169 871,79
50	2,8	1,3	2,05	1,01	7 860,81	503 898 022,54	131 410,26
55	3,1	1,1	2,10	1,01	7 860,81	503 898 022,54	134 615,38
60	2,7	1,6	2,15	1,01	7 860,81	503 898 022,54	137 820,51
65	3,3	2,1	2,70	1,01	7 860,81	503 898 022,54	173 076,92
70	3,0	2,1	2,55	1,01	7 860,81	503 898 022,54	163 461,54
75	2,2	1,8	2,00	1,01	7 860,81	503 898 022,54	128 205,13
80	2,5	1,8	2,15	0,97	7 563,38	484 832 150,45	137 820,51
85	3,9	0,7	2,30	0,97	7 563,38	484 832 150,45	147 435,90
90	2,1	1,1	1,60	0,97	7 563,38	484 832 150,45	102 564,10
95	1,7	0,7	1,20	0,97	7 563,38	484 832 150,45	76 923,08
100	1,8	0,8	1,30	0,97	7 563,38	484 832 150,45	83 333,33
105	1,5	0,5	1,00	0,97	7 563,38	484 832 150,45	64 102,56
110	1,0	0,4	0,70	0,99	7 706,26	493 990 756,55	44 871,79
115	1,2	0,4	0,80	0,99	7 706,26	493 990 756,55	51 282,05
120	0,7	0,2	0,45	0,99	7 706,26	493 990 756,55	28 846,15
125	0,6	0,3	0,45	0,99	7 706,26	493 990 756,55	28 846,15
130	0,6	0,1	0,35	0,99	7 706,26	493 990 756,55	22 435,90
135	0,3	0,0	0,15	0,99	7 706,26	493 990 756,55	9 615,38
140	0,1	0,0	0,05	0,99	7 706,26	493 990 756,55	3 205,13
145	0,0	0,0	0,00	0,99	7 706,26	493 990 756,55	0,00

(B21 R4 Lab FM : maïs/soja en culture labourée avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires

Résultat de profil racinaire sur la parcelle A19 R3 SD FM

Profondeur en cm	nombre de I.R 1 ^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2 ^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	44,0	41,6	42,80	0,96	7 458,33	478 097 826,09	2 743 589,74
10	27,3	20,0	23,65	0,97	7 597,37	487 010 869,57	1 516 025,64
15	22,7	18,4	20,55	0,89	6 961,13	446 226 255,00	1 317 307,69
20	14,1	15,3	14,70	0,89	6 961,13	446 226 255,00	942 307,69
25	14,0	11,8	12,90	0,96	7 461,38	478 293 854,00	826 923,08
30	11,3	9,1	10,20	0,96	7 461,38	478 293 854,00	653 846,15
35	9,3	8,8	9,05	0,95	7 404,55	474 650 375,83	580 128,21
40	6,5	8,3	7,40	0,95	7 404,55	474 650 375,83	474 358,97
45	4,8	7,9	6,35	0,95	7 404,55	474 650 375,83	407 051,28
50	4,2	8,5	6,35	0,98	7 670,05	491 669 910,86	407 051,28
55	3,8	7,0	5,40	0,98	7 670,05	491 669 910,86	346 153,85
60	2,5	5,9	4,20	0,98	7 670,05	491 669 910,86	269 230,77
65	2,8	5,5	4,15	0,98	7 670,05	491 669 910,86	266 025,64
70	2,0	5,9	3,95	0,98	7 670,05	491 669 910,86	253 205,13
75	1,6	5,2	3,40	0,98	7 670,05	491 669 910,86	217 948,72
80	1,4	3,8	2,60	0,95	7 432,96	476 472 114,91	166 666,67
85	1,1	3,7	2,40	0,95	7 432,96	476 472 114,91	153 846,15
90	1,2	4,3	2,75	0,95	7 432,96	476 472 114,91	176 282,05
95	0,9	3,2	2,05	0,95	7 432,96	476 472 114,91	131 410,26
100	0,3	3,0	1,65	0,95	7 432,96	476 472 114,91	105 769,23
105	0,4	2,1	1,25	0,95	7 432,96	476 472 114,91	80 128,21
110	0,4	2,0	1,20	0,94	7 299,82	467 937 392,07	76 923,08
115	0,3	2,1	1,20	0,94	7 299,82	467 937 392,07	76 923,08
120	0,3	1,1	0,70	0,94	7 299,82	467 937 392,07	44 871,79
125	0,3	1,5	0,90	0,94	7 299,82	467 937 392,07	57 692,31
130	0,3	1,3	0,80	0,94	7 299,82	467 937 392,07	51 282,05
135	0,2	1,2	0,70	0,94	7 299,82	467 937 392,07	44 871,79
140	0,3	1,0	0,65	0,94	7 299,82	467 937 392,07	41666,67
145	0,2	0,9	0,55	0,94	7 299,82	467 937 392,07	35 256,41
150	0,2	0,7	0,45	0,94	7 299,82	467 937 392,07	28 846,15
155	0,2	0,3	0,25	0,94	7 299,82	467 937 392,07	16 025,64
160	0,1	0,4	0,25	0,94	7 299,82	467 937 392,07	16 025,64
165	0,2	0,1	0,15	0,94	7 299,82	467 937 392,07	9 615,38
170	0,0	0,0	0,00	0,94	7 299,82	467 937 392,07	0,00

A19 R3 SD FM: maïs/brachiaria en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires

Résultat de profil racinaire sur la parcelle B19 R3 SD FM

Profondeur en cm	nombre de I.R 1 ^{er} plan à 10 cm	nombre de I.R 2 ^{ème} plan à 3 cm	moyenne de I.R compris à ces 2 plans	densité apparente	Masse du sol en g	Masse du sol en g/ha	Densité racinaire par massa du sol en g/ha
5	47,2	43,3	45,25	0,96	7 458,33	478 097 826,09	2 775 641,03
10	31,1	17,5	24,30	0,97	7 597,37	487 010 869,57	1 121 794,87
15	19,6	17,0	18,30	0,89	6 961,13	446 226 255,00	1 089 743,59
20	17,8	19,6	18,70	0,89	6 961,13	446 226 255,00	1 256 410,26
25	18,1	20,3	19,20	0,96	7 461,38	478 293 854,00	1 301 282,05
30	15,4	10,9	13,15	0,96	7 461,38	478 293 854,00	698 717,95
35	12,8	8,3	10,57	0,95	7 404,55	474 650 375,83	533 974,36
40	11,2	6,7	8,95	0,95	7 404,55	474 650 375,83	429 487,18
45	8,9	5,0	6,95	0,95	7 404,55	474 650 375,83	320 512,82
50	10,0	4,6	7,30	0,98	7 670,05	491 669 910,86	294 871,79
55	8,3	3,8	6,05	0,98	7 670,05	491 669 910,86	243 589,74
60	6,2	4,4	5,30	0,98	7 670,05	491 669 910,86	282 051,28
65	4,3	3,8	4,05	0,98	7 670,05	491 669 910,86	243 589,74
70	3,8	3,9	3,85	0,98	7 670,05	491 669 910,86	250 000,00
75	3,4	3,3	3,35	0,98	7 670,05	491 669 910,86	211 538,46
80	2,5	3,0	2,75	0,95	7 432,96	476 472 114,91	192 307,69
85	2,0	2,4	2,20	0,95	7 432,96	476 472 114,91	153 846,15
90	1,8	2,2	2,00	0,95	7 432,96	476 472 114,91	141 025,64
95	2,0	1,6	1,80	0,95	7 432,96	476 472 114,91	102 564,10
100	2,0	1,7	1,85	0,95	7 432,96	476 472 114,91	108 974,36
105	1,4	2,3	1,85	0,95	7 432,96	476 472 114,91	147 435,90
110	1,4	2,1	1,75	0,94	7 299,82	467 937 392,07	134 615,38
115	1,5	1,6	1,55	0,94	7 299,82	467 937 392,07	102 564,10
120	1,2	1,0	1,10	0,94	7 299,82	467 937 392,07	64 102,56
125	0,8	1,2	1,00	0,94	7 299,82	467 937 392,07	76 923,08
130	1,4	1,0	1,20	0,94	7 299,82	467 937 392,07	64 102,56
135	0,8	1,1	0,95	0,94	7 299,82	467 937 392,07	70 512,82
140	0,4	1,0	0,70	0,94	7 299,82	467 937 392,07	64 102,56
145	0,6	0,8	0,70	0,94	7 299,82	467 937 392,07	51 282,05
150	0,3	0,6	0,45	0,94	7 299,82	467 937 392,07	38 461,54
155	0,4	0,5	0,45	0,94	7 299,82	467 937 392,07	32 051,28
160	0,2	0,3	0,25	0,94	7 299,82	467 937 392,07	19 230,77
165	0,2	0,1	0,15	0,94	7 299,82	467 937 392,07	6 410,26
170	0,1	0,0	0,05	0,94	7 299,82	467 937 392,07	0,00
175	0,0	0,0	0,00	0,94	7 299,82	467 937 392,07	0,00

(B19 R3 SD FM : maïs/brachiaria en semis direct avec une fertilisation organo minérale)

I.R : Impacts Racinaires

ANNEXE VI: Les tableaux des résultats du taux de la dégradation des résidus à chaque prélèvement :

❖ **Résultats de la dégradation des résidus, prélèvement du 18/05/2007**

Système	Fumure	Masse initial LB en g (m0)	n°	Masse des liter-bags non dégradés dans ces 4 blocs en g à l'état sec en g (m1)				Masse moyenne de LB dans ces 4 bloc en g (m1)	Masse des liter-bags dégradés en g (m2=m0-m1)	Taux de dégradation des LB
				A	B	C	D			
R3 SCV	FM	39,93	1	17,10	4,66	12,78	13,51	11,95	27,98	70,06
			2	12,46	14,48	8,98	11,66			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				14,78			
	F0	39,93	1	13,20	14,00	11,90	15,91	12,52	27,41	68,65
			2	12,08	12,04	9,10	11,93			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				12,64			
R4 SCV	FM	26,08	1	9,28	7,01	14,41	7,67	10,19	15,89	60,94
			2	9,42	4,61	14,08	15,02			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				9,35			
	F0	26,08	1	15,50	12,81	10,62	15,29	13,11	12,97	49,74
			2	12,38	11,21	14,31	12,75			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				13,94			
R4 Lab	FM	9,86	1	1,31	2,64	1,35	1,86	1,82	8,04	81,52
			2	2,53	2,04	1,90	0,95			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				1,92			
	F0	9,86	1	3,63	4,40	3,31	2,40	2,97	6,89	69,87
			2	2,21	1,80	3,02	3,00			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				2,92			

LB : liter-bag, **n°**: numéro de prélèvement

❖ Résultats de la dégradation des résidus, prélèvement du 18/06/2007

Système	Fumure	Masse initial LB en g (m0)	n°	Masse des liter-bags non dégradés dans ces 4 blocs en g à l'état sec en g (m1)				Masse moyenne de LB dans ces 4 bloc en g (m1)	Masse des liter-bags dégradés en g (m2=m0-m1)	Taux de dégradation des LB
				A	B	C	D			
R3 SCV	FM	39,93	1	14,01	11,75	7,76	13,39	11,99	27,94	69,96
			2	14,45	13,01	10,38	11,20			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	14,23	12,38	9,07	12,30				
	FO	39,93	1	12,95	10,88	12,86	7,53	11,25	28,69	71,84
			2	14,20	9,77	13,68	8,09			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	13,58	10,33	13,27	7,81				
R4 SCV	FM	26,08	1	10,50	9,17	8,66	13,16	10,21	15,87	60,84
			2	9,03	7,09	14,75	9,35			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	9,77	8,13	11,71	11,26				
	FO	26,08	1	12,03	4,76	10,94	9,18	10,24	15,84	60,73
			2	11,42	10,33	11,31	11,97			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	11,73	7,55	11,13	10,58				
R4 Lab	FM	9,86	1	1,93	2,32	0,96	0,36	1,29	8,57	86,89
			2	0,50	0,96	1,62	1,69			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	1,22	1,64	1,29	1,03				
	FO	9,86	1	2,80	1,50	1,95	2,81	2,15	7,71	78,21
			2	2,93	2,21	1,68	1,31			
		Moyenne des 2 répétitions par bloc	2,87	1,86	1,82	2,06				

LB : liter-bag, **n** : numéro de prélèvement



Résultats de la dégradation des résidus. prélèvement du 28/09/2007

Système	Fumure	Masse initial LB en g (m0)	n°	Masse des liter-bags non dégradés dans ces 4 blocs en g à l'état sec en g (m1)				Masse moyenne de LB dans ces 4 Bloc en g (m1)	Masse des liter-bags dégradés en g (m2=m0-m1)	Taux de dégradation des LB
				A	B	C	D			
R3 SCV	FM	39,93	1	9,90	8,9	9,4	9,8	9,58	30,36	76,02
			2	12,30	10,2	7,7	8,4			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				11,10			
	F0	39,93	1	12,10	8,7	8,8	6,7	9,61	30,32	75,93
			2	12,20	10,6	10,8	7			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				12,15			
R4 SCV	FM	26,08	1	8,70	8,1	6,8	8,9	8,29	17,79	68,22
			2	9,10	6,9	8,3	9,5			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				8,90			
	F0	26,08	1	9,40	3,5	10,6	8,1	8,30	17,78	68,17
			2	8,00	7,5	9,2	10,1			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				8,70			
R4 LAB	FM	9,86	1	1,40	1,3	0,8	1,1	1,10	8,76	88,84
			2	0,60	1,9	1,2	0,5			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				1,00			
	F0	9,86	1	2,20	1	1,3	1,1	1,59	8,27	83,90
			2	2,10	1,7	1,1	2,2			
			Moyenne des 2 répétitions par bloc				2,15			

LB : liter-bag, **n** : numéro de prélèvement

ANNEXE VII: FICHE D'OBSERVATION DE PROFIL PEDOLOGIQUE, (H. M. RAVELOJAONINA, 2006)

Date :

Localisation :

Végétation :

Hz	Prof (cm)	Couleur	Racines ¹	Structure ²	Texture ³	Compacité ⁴	Activités biologiques ⁵	Transition ⁶	Porosité ⁷	Autres caractéristiques ⁸

¹ **Abondance** (pas, peu, nombreuses, très nombreuses) et **distribution** (verticale régulière, irrégulière, sub-superficielle).

² Continue ou **massive** (ensemble cohérent, pas d'agrégats structuraux), **particulaire** (absence d'éléments structuraux, particules individualisées), **prismatique** (agrégats allongés suivant une orientation verticale, faces planes, arêtes anguleuses), **polyédrique** (agrégats à faces planes, arêtes anguleuses, pas d'orientation préférentielle), **polyédrique subanguleuse** (structure polyédrique avec mélange de faces plates et arrondies), **cubique** (faces planes et octogonales), **grenue** (agrégats sphéroïdaux, à face courbes, pas d'arêtes), **lithique** (organisation de la roche conservée, ex : schiste dans un horizon C). Mentionner la taille en cm des structures et sous structures (débit).

³ **Argileuse** (colle à la main après humidification, dominance argilo-limoneuse), **limoneuse** (ne colle pas à la main, dominance limoneuse), **sableuse** (dominance sableuse), **équilibrée** (les 3 sont présentés équitablement).

⁴ **Meuble** (le couteau pénètre sans effort), **peu compact** (le couteau pénètre avec un léger effort), **compact** (le couteau pénètre incomplètement même avec effort important), **très compact** (le couteau ne pénètre que de quelques mm).

⁵ **Macro et microporosité visible** ou pas, **Abondance** (absentes, peu, nombreuses, très nombreuses), **types** (galeries de vers de terre, termites, turricules).

⁶ **Nette** (sur 1 cm), **distincte** (sur 5 cm), **graduelle** (sur > 5 cm).

⁷ Globale ie sur le profil (non identifié, non poreux <2%, peu poreux 2-15%, poreux 15-40%, très poreux >40%), sur les agrégats (pas, peu, assez nombreux, nombreux), et dimension (très fins <0.5mm, Fins 0.5-2mm, moyens 2-5 mm, larges >5 mm).

⁸ - **Nodules** (structures non concentriques) ou **concrétions** (structures concentriques) se distinguant des taches par leur dureté supérieure à la matrice qui l'entoure.

- **Taches** (**couleur**, **distribution** : dans la matrice, sur face agrégats, autour des pores, autour des racines, autour des éléments grossiers, en remplissage des fissures, sans relation avec les autres caractères, **forme** : irrégulières, arrondies, en traînées de direction horizontale, oblique, verticale).

- **Revêtements** (non identifiés, argileux, argileux avec sesquioxides, organo-argileux, autres types).

ABSTRACT

This survey took place in the region of the Vakinankaratra, more precisely within the central device of the URP/SCRiD in Andranomanelatra.

In this survey, facing the problem that is within this device, to the concentration in depth of nitrogen out of the zones racinaires of cultivated plants, three main elements have been studied : first, the density racinaire and the depth of rooting of plants them of cover (corn and brachiaria), then the deterioration of the residues or aerial biomass of these plants, and finally, the analysis subsequently of the content in nitrogen and carbon of this biomass after decomposition.

According to the results, the density racinaire is higher in R3 (corn/brachiaria) than in R4 (corn/soja) seen the same system (direct seeding), in the same way rooting is deeper due to the characteristic of the brachiaria. In addition, the decomposition of biomasses is more quickly in R3 than in R4, where the brachiaria plays a very important role on the retraining of the nourishing elements in depth, hence in R3 there is more nitrogen than in R4. Finally, the speed of deterioration is faster on the tillage system, where the liter-bags are buried in soil compared to the direct seeding under permanent cover.

Key words : Andranomanelatra, density racinaire, deterioration, liter-bags, biomass.