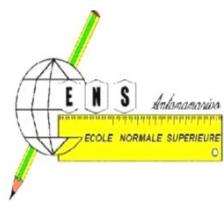




**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE**



**DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE
SCIENCES NATURELLES**

**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT
D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE
(CAPEN)**

**« ECOPEDOLOGIE PAR L'ETUDE DE LA MACROFAUNE
DU SOL DANS LE FUTUR PARC DU CORRIDOR
FANDRIANA-MAROLAMBO»**

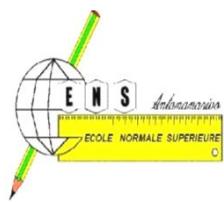


Présenté par RAJERISON Andritiana Serge

Soutenu le 22 Juin 2012



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE NORMALE SUPERIEURE**



DEPARTEMENT DE FORMATION INITIALE SCIENTIFIQUE
CENTRE D'ETUDE ET DE RECHERCHE
SCIENCES NATURELLES

**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU CERTIFICAT
D'APTITUDE PEDAGOGIQUE DE L'ECOLE NORMALE
(CAPEN)**

**« ECOPEDOLOGIE PAR L'ETUDE DE LA MACROFAUNE
DU SOL DANS LE FUTUR PARC DU CORRIDOR
FANDRIANA-MAROLAMBO»**



Présenté par RAJERISON Andritiana Serge

Soutenu le 22 Juin 2012

LES MEMBRES DU JURY

- **PRESIDENT :** Madame **RASAMIMANANA** Hantanirina Rosiane
Maître de conférences
Enseignante chercheur en Zoologie à l'Ecole Normale Supérieure,
Spécialiste en Eco-Anthropologie
UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

- **EXAMINATEUR :** Monsieur **MANDIMBIHARISON** Aurélien Jacques
Assistant d'enseignement et de recherche en Géologie Appliquée à
l'Ecole Normale Supérieure
Spécialiste en Géologie superficielle et responsable de la télédétection
et traitement des photo-interprétations à l'Ecole Supérieure
Polytechnique d'Antananarivo
UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

- **ENCADREUR :** Monsieur **RAZAFIMAHATRATRA** Dieudonné
Maitre de conférences
Enseignant chercheur en Géologie à l'Ecole Normale Supérieure
Spécialiste en Métallogénie et Pédologie
UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

- **ENCADREUR TECHNIQUE :** Monsieur **FARARANOMANALIMANETSY** Hersvats
Assistant, Pédologue-Géochimiste
Directeur de l'Association pour le Développement de
l'Agriculture et des Paysans de Sambirano (ADAPS)



**EXPOSE TON ACTIVITÉ
AU SEIGNEUR ET TU
LA RÉALISERAS**

PROV. 16, 3

REMERCIEMENTS

Nos chaleureux remerciements s'adressent particulièrement à DIEU Tout Puissant et Miséricordieux sans qui rien n'est possible. « *Que Dieu soit loué, car sans sa bénédiction ce présent mémoire n'a pas pu voir le jour.* »

L'occasion m'est ici offerte pour adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui m'ont apporté une aide précieuse dans la réalisation et l'élaboration de ce mémoire, entre autres :

- Monsieur **ANDRIANARIMANANA** Jean-Claude Omer, Professeur et Directeur de l'Ecole Normale Supérieure, qui a bien voulu autoriser la présentation de ce mémoire. Nous vous adressons nos profonds respects.
- Madame **RASAMIMANANA** Hantanirina Rosiane, Maître de conférences à l'Ecole Normale Supérieure, pour votre accord de présider la soutenance de ce mémoire malgré vos lourdes responsabilités. Nous vous témoignons nos sincères et profondes gratitude.
- Monsieur **MANDIMBIHARISON** Aurélien Jacques, Assistant d'enseignement et de recherche à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui, en dépit de vos nombreuses occupations, a bien voulu accepter d'examiner et de juger ce travail. Nous vous adressons nos vifs remerciements.
- Monsieur **RAZAFIMAHATRATRA** Dieudonné, Maitre de conférences à l'Ecole Normale Supérieure, pour votre grande contribution lors de l'encadrement, pour vos appuis scientifiques et vos conseils judicieux, vives reconnaissances.
- Monsieur **FARARANOMANALIMANETSY** Hersvats, Assistant pédologue géochimiste, encadreur technique de ce mémoire. Sans vos conseils et directives nous avons affronté des difficultés dans la conception et l'élaboration de ce travail. Nous vous adressons nos vifs remerciements.
- Madame **RAHARIVOLOLONA** Juliette, Directeur du Parc Fandriana-Marolambo, qui nous a accueilli au sein du Madagascar National Parks, et qui nous a permis de réaliser ce mémoire à terme. Veuillez recevoir Madame nos sincères sympathies.
- Monsieur **RAROJOSON** Jemisa, Chef du laboratoire de pédologie au sein du FOFIFA-Département de recherche rizicole Tsimbazaza, et ses collaborateurs. Merci de votre aide lors de nos analyses chimiques.
- Nous avons l'occasion d'exprimer notre profonde gratitude à tous les enseignants et aux personnels administratifs de l'ENS, pour la formation et les conseils qu'ils nous ont apportés.
- Vifs remerciements à tous les personnels de MNP pour leur assistance technique, matérielle et à ses guides locaux.

- Je remercie également Messieurs **RAKOTONDRAZAKA** Joela Fitahiantsoa et **RAVAHATRAMANANJARASOA** Fefy Niaina de ses conseils et de son amitié qu'ils m'ont exprimé tout au long de ce mémoire, de même pour la promotion **TANJONA**.
- Ce mémoire a pu être réalisé grâce à l'appui financier du Dr Alison **JOLLY**, Professeur à l'Université de Sussex Royaume-Uni, que vous trouviez ici l'expression de mes sincères gratitude.
- Et bien entendu, veuillez nous permettre d'exprimer nos sincères remerciements à tous les membres de notre famille, pour leur soutien moral et financier et à tous nos amis.

Merci infiniment

Serge

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la Nouvelle Aire Protégée de Fandriana-Marolambo.....	6
Figure 2 : Localisation des deux Communes appartenant à la zone d'étude	7
Figure 3: Courbe ombrothermique de Fandriana	8
Figure 4 : Paysage accidenté d'Andohariana	9
Figure 5 : Carte géologique du milieu d'étude.....	11
Figure 6 : Sol ferralitique jaune sur rouge	13
Figure 7 : Caractère pédologique de la zone d'étude	14
Figure 8 : Carte hydrographique et topographique de la zone d'étude.....	16
Figure 9 : Quelques espèces animales dans le Corridor	18
Figure 10 : Végétation du milieu d'étude.....	19
Figure 11 : Quelques espèces végétales dans le corridor	20
Figure 12 : Carte de répartition des différents organismes de développement	22
Figure 13 : Carte de localisation des sites de prélèvement des échantillons	28
Figure 14 : Site d'étude à Ilemonga	29
Figure 15 : Fosse pédologique à Manesimiorika.....	30
Figure 16 : Profil pédologique de type AC et ABC	31
Figure 17 : Profil des sols de bas-fonds.....	32
Figure 18 : Disposition des monolithes et fosse pédologique dans une parcelle	33
Figure 19 : Mesure du pH et de la CEC	35
Figure 20 : Mode opératoire de l'analyse granulométrique	37
Figure 21 : Synthèse de la démarche méthodologique	41
Figure 22 : Teneur en Carbone organique et Azote organique des profils prospectés	51
Figure 23 : Effectif de la macrofaune récoltée selon l'ordre d'abondance	52
Figure 24 : Répartition de la macrofaune en fonction du milieu de vie	55
Figure 25 : Distribution verticale de la macrofaune	59
Figure 26 : Distribution verticale des larves de Coléoptères	60
Figure 27 : Distribution verticale des Isopodes	60
Figure 28 : Distribution verticale des Myriapodes	61
Figure 29 : Distribution verticale des vers de terre	61
Figure 30 : Distribution verticale des Araignées	62
Figure 31 : Distribution verticale des Coléoptères adultes	63
Figure 32 : Distribution verticale des Dermoptères	63
Figure 33 : Distribution verticale des Blattes	64
Figure 34 : Courbe présentant l'acidité des sols	65
Figure 35 : Relation faune-matières organiques du sol	66
Figure 36 : Répartition de la macrofaune dans les zones de prélèvement.....	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Effectif, proportion et densité de la macrofaune	53
Tableau II : Proportion et désignation taxonomique de la macrofaune collectée	54
Tableau III : Distribution de la macrofaune suivant la classe	55
Tableau IV : Composition et désignation taxonomique de la macrofaune suivant leur milieu de vie .	56
Tableau V : Caractéristiques structurelles de la macrofaune suivant le milieu de vie	57
Tableau VI : Composition et désignation taxonomique de la macrofaune.....	58
Tableau VII : Caractéristiques structurelles de la macrofaune suivant les sites de prélèvement	58
Tableau VIII : Affinités de la macrofaune suivant la texture du sol	66
Tableau IX : Affinités de la macrofaune suivant la structure du sol	67

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Fiche pédologique

Annexe II : Fiche de comptage de la macrofaune

Annexe III : Données brutes des prélèvements macrofaunistiques

Annexe IV : Mode opératoire des analyses pédologiques au laboratoire

Annexe V : Résultats analytiques des sols au laboratoire

Annexe VI : Table statistique

Annexe VII : Triangle de texture

Annexe VIII : Description des sols de bas-fonds

LISTE DES ABREVIATIONS

AP : Aire Protégée

BIF : Bureau Information Femmes

CEC : Capacité d'Echange Cationique

COFAM : Corridor FAndriana Marolambo

CR : Commune Rurale

CRS : Catholic Relief Services

GPS : Global Positioning System

JIRAFI : JIro sy RAno FIsakana

MNP: Madagascar National Parks

NAP: Nouvelle Aire Protégée

ODIT: Observation Développement et Ingénierie Touristique

ONN: Office National de la Nutrition

ORSTOM: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer

PCD : Plan Communal de Développement

PGRM : Projet de Gouvernance de Ressources Minérales

PN: Parc National

RN : Route Nationale

WWF: World Wildlife Fund for nature

GLOSSAIRE

Agrologie : science qui a pour objet la connaissance des terrains dans leur rapport avec l'agriculture.

Capacité d'échange cationique : (ou CEC) correspond à la somme des cations que le sol peut échanger.

Complexe adsorbant des sols : ensemble des constituants susceptibles d'être à l'origine de l'adsorption des ions. Il est donc constitué de minéraux argileux, sesquioxides métalliques et substances humiques.

Complexes argilo-humiques : (ou CAH) complexes constitués par l'association d'argiles et d'humus, liés par un cation bivalent: le calcium (Ca++).

Concrétion : Eléments indurés à structure concentrique, possédant une cohésion supérieure à celle du matériau les englobant.

Consistance : expression synthétique de l'ensemble des propriétés mécaniques du sol, qui dépendent du degré d'humidité, du type d'essai qui est fait et du matériel sur lequel se fait cet essai.

Cuirasses : accumulations continues se généralisant à tout un horizon ; fortement cimentées, indurés.

Drainage : évacuation des eaux de surface ou souterraines excédentaires par des moyens naturels ou artificiels en vue de l'assèchement d'un terrain trop humide ou inondé.

Ecopédologie : Etude des écosystèmes des êtres vivants à la surface et à l'intérieur du sol.

Edaphon : ensemble des organismes vivant dans le sol.

Eurhalyens : espèces pouvant vivre indifféremment en eau douce, saumâtre ou salée.

Glande de Morren : diverticules latéraux de l'œsophage chez les Annélides, régulateur de la teneur en carbonate.

Gléification : mot russe, désignant la transformation de l'horizon d'un sol dans lequel la présence permanente de l'eau en nappe amène une certaine concentration d'argile et de fer à l'état réduit

Gley : du russe gleï, ou sol à gley, est un sol ou horizon (G) à engorgement prolongé par une nappe phréatique d'eau, privée d'oxygène, qui provoque des phénomènes d'anaérobiose et de réduction du fer, souvent très défavorables aux végétaux (asphyxie).

Humus : Matière organique en décomposition dans le sol, dérivée de matières animales et végétales mortes.

Hydromorphie : C'est la saturation des pores d'un sol en eau sur une période plus ou moins longue de l'année.

Ichtyofaune : Ensemble des poissons d'un écosystème aquatique.

Litière : Ensemble des feuilles mortes se trouvant à la surface du sol.

Macrofaune : Etre animale vivant à la surface ou à l'intérieur du sol ayant la taille entre 4 à 80 mm.

Monolithe : Bloc de sol à une dimension déterminée.

Pédobiologie : Science étudiant les êtres vivants à la surface et à l'intérieur du sol.

Pédoxfaune : Etre animale vivant à la surface ou à l'intérieure du sol.

Porosité du sol : Pourcentage d'espace vide par unité de volume du sol.

Pseudogley : Horizon d'un sol à faible profondeur, caractérisé par des teintes gris à beige, avec de nombreuses taches rouille ou rouges.

Structure d'un sol: Mode d'assemblage de ses particules.

Taux de saturation d'un sol: Pourcentage de cations nutritifs parmi l'ensemble des cations échangeables : $TS = (\text{somme des cations nutritifs}) / \text{Capacité d'Echange Cationique}$.

Texture d'un sol : Répartition dans ce sol des minéraux par catégorie de grosseur (en fait, diamètre des particules supposées sphériques) indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux.

SOMMAIRE

1. GENERALITES	3
1.1. CONCEPT GENERAL DE L'ETUDE.....	3
1.2. GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE	5
1.2.1. Milieu physique	5
1.2.2. Milieu biologique	17
1.2.3. Milieu humain.....	20
1.3. Conclusion sur le milieu d'étude	24
2. METHODOLOGIE ET MATERIELS D'ETUDE	25
2.1. Etudes bibliographiques.....	25
2.2. Périodes d'étude	25
2.3. Etudes sur terrain	26
2.3.1. Objectifs de la recherche	26
2.3.2. Matériels d'études.....	26
2.3.3. Méthodologie.....	27
2.4. Analyses au laboratoire	34
2.4.1. Sol.....	34
2.4.2. Faune	37
2.5. Méthodologie d'analyse de données	37
2.5.1. Arrangement des données.....	37
2.5.2. Tests statistiques utilisés.....	38
2.6. Limites et contraintes de l'étude.....	40
2.7. Synthèse de la démarche méthodologique	40
3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	43
3.1. Etude descriptive et analytique des sols.....	43
3.1.1. Sols de Manesimiorika	43
3.1.2. Sols d'Ilemonga	46
3.1.3. Sol d'Andohariana	48
3.1.4. Etude comparative des principaux types des sols.....	51
3.2. Inventaire de la macrofaune du sol	52
3.2.1. Abondance et densité.....	52
3.2.2. Désignation taxonomique	53
3.2.3. Composition et diversité.....	55

3.2.4. Distribution verticale	59
3.3. Interaction sol-faune.....	65
3.3.1. La faune et pH du sol.....	65
3.3.2. La faune et matières organiques du sol	65
3.3.3. La faune et les propriétés physiques du sol	66
3.3.4. Autres facteurs déterminant la faune du sol	67
4. SUGGESTION ET INTERET PEDAGOGIQUE	71
4.1. Action de la macrofaune sur le sol.....	71
4.1.1. Action sur les propriétés physiques du sol	71
4.1.2. Dégradation de la matière organique.....	72
4.2. Discussions.....	73
4.2.1. Abondance et densité.....	74
4.2.2. Distribution verticale	74
4.1.3 Composition et diversité.....	75
4.3. Plan d'aménagement simplifié.....	75
4.3.1. Site 1 : Manesimiorika.....	75
4.3.2. Site 2 : Ilemonga.....	76
4.3.3. Site 3 : Andohariana	77
4.4. Intérêts de ce mémoire.....	77
CONCLUSION GENERALE	81
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	82

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

La conservation de l'environnement se situe au rang des priorités des gouvernements dans le monde entier. Pour Madagascar, figurant parmi les 13 pays présentant une grande diversité biologique [24] avec un taux d'endémicité élevé sans précédent, et avec ses 46 Aires Protégées de toutes catégories ayant une superficie totale de 1.774.574 ha [28], des autres Nouvelles Aires Protégées (NAP) sont encore en cours de création. Parmi ces dernières figure le futur parc du Corridor Forestier Fandriana-Marolambo (COFAM), notre lieu d'étude, qui présente un refuge où les espèces vont pouvoir effectuer l'ensemble de leur cycle biologique. [26]

Généralement la protection s'est focalisée, sur les êtres vivants, parfois sur les sols, alors qu'ils constituent le substrat où les végétaux puisent leurs substances nourricières et plusieurs espèces animales y passent le cycle complet ou une partie de leur vie [2]. Le sol, un milieu vivant, est une réserve génétique importante [42] et constitue un milieu particulièrement favorable à la vie, permettant le développement d'une grande diversité d'organismes [15]. Pour l'Homme, le sol est une composante majeure de biosphère continentale, support des activités humaines durant des millénaires, source d'exploitation et de vie depuis des dizaines de siècles à travers l'agriculture [42]. Cet épiderme de terre émergée joue quatre fonctions vitales pour les êtres vivants, en effet premièrement il sert d'abri pour certains êtres vivants, il fournit leurs nourritures, il filtre et épure l'eau et enfin il sert de matériau de construction [43].

A leur tour, les êtres vivants jouent un rôle essentiel à la fois dans la formation du sol et dans son fonctionnement [42], surtout la Pédofaune, qui est longuement restée méconnue, peut être en raison de sa taille souvent minuscule, de taille entre 4 à 80 mm ou Macrofaune [17], et semble ne présenter aucun intérêt apparent [27], or la Macrofaune constitue une source indispensable à la conservation de la qualité du sol [18]. Elle est donc une ressource qu'il faut connaître, protéger et gérer au mieux [21] [10]. En effet, l'étude du sol est inséparable à l'étude de la pédofaune. L'étude de la relation sol-faune est rare à Madagascar, pourtant la Pédobiologie demeure importante dans la conservation de l'environnement. En plus, des vastes surfaces de forêt naturelle sont en voie de disparition qui méritent une meilleure protection, comme le Corridor Fandriana-Marolambo qui est en train d'être mis en place comme Aire Protégée. Des études sont faites sur la macrofaune du sol par RABEMANANTSOA J.D, 2010 [33], MATHIEU J., 2004 [26] et NADAMA, 2006 [27] ... et il en est de même pour l'étude pédologique dans cette zone par : JOO' J. en 1965 [22] et BIED CHARRETON M. et al., 1981 [6]. Mais peu d'études sont effectuées pour connaître et montrer les interdépendances qui peuvent exister entre le sol et la faune à l'intérieur. Parmi celles-ci, il convient de citer les travaux de BACHELIER G. en 1963 et 1978 [2] [3] et GOBAT J.M. et al. en 1998 [17].

Tous ces auteurs ont conclu que des relations étroites entre les propriétés des sols et les édaphons sont évidentes telles que la préférence de chaque groupe faunistique à chaque propriété du sol. Ce sont les raisons principales pour lesquelles on a choisi ce travail de mémoire intitulé : « **ECOPEDOLOGIE PAR L'ETUDE DE LA MACROFAUNE DU SOL DANS LE FUTUR PARC DU CORRIDOR FANDRIANA-MAROLAMBO** ».

Ainsi, la problématique de ce travail s'énonce comme suit : *Dans quelles mesures la macrofaune du sol interagit-il avec d'autres propriétés physico-chimiques des sols forestiers et ceux des milieux dégradés dans le Corridor Fandriana-Marolambo ?*

Les hypothèses à vérifier sont :

- La macrofaune du sol est différente en terme d'abondance et diversité sous forêt vierge et sous le milieu dégradé dans le COFAM ;
- Les propriétés des sols y sont différentes sous forêt naturelle que celle de dégradée ;
- Les propriétés physico-chimiques des sols sélectionnent la macrofaune.

Ce présent mémoire tient à caractériser les propriétés physico-chimiques des sols et la pédologie du COFAM et ses alentours d'abord. Puis identifier les différentes espèces faunistiques caractéristiques des sols étudiés, servant ainsi une information scientifique sur la relation sol-animaux du sol et enfin établir un modèle de conservation et de mise en valeur des sols.

Pour bien présenter le fruit de cette étude, on a divisé en quatre parties dont, la première traitera les généralités. Ce sera dans la seconde partie qu'on va aborder la méthodologie et matériels d'étude. Les résultats et interprétations feront l'objet de la troisième partie et la quatrième et dernière partie sera consacrée aux suggestions et intérêts pédagogiques de ce mémoire.

PARTIE I : GENERALITES

1. GENERALITES

1.1. CONCEPT GENERAL DE L'ETUDE

En dépit de ses nombreuses fonctions indispensables que possèdent les sols, ils sont soumis à un certain nombre de contraintes de nature physique, chimique et biologique qui peuvent conduire à leurs dégradations [42]. Les disparitions pourraient fortement affectées le fonctionnement des écosystèmes et altérer l'intégrité futur de la Planète [9]. Il s'avère donc nécessaire de mieux connaître cette partie meuble de la Lithosphère [43] afin de la mieux défendre et restaurer d'où, l'importance de la Pédologie.

La **Pédologie** ou la science du sol se situe au carrefour des sciences de la Terre et des sciences de la Vie. Elle étudie les sols dans leur globalité, que ce soit leur formation et leur évolution (pédogenèse), leurs propriétés physiques, morphologiques, chimiques, biologiques et minéralogiques, ainsi que leur répartition à la surface du globe (Encarta, 2009). Son objet d'étude, le *sol*, est une formation généralement meuble constituée d'un complexe organo-minéral qui résulte de la transformation superficielle des roches sous l'action conjointe des agents climatiques et des êtres vivants. Cette science est fondée par Dokuchaev vers la fin du XIXe siècle et apparut l'idée que les sols devaient être considérés comme une formation naturelle ayant son évolution propre. Dans cette conception, le sol n'est plus un milieu inerte reflétant uniquement la composition de la Roche sous-jacente ; il prend naissance, il évolue, sous l'action des facteurs du milieu dits « actifs », climat, et végétation aux dépens d'un matériau minéral [15]. Et à la suite des travaux de l'école russe fondatrice de cette préoccupation [2], la pédologie a fait de grand progrès mais des études demeurent encore peu décrites à Madagascar. Les études pédologiques sont utiles à de nombreuses autres disciplines des sciences de la vie et de la Terre : l'agronomie, la géologie, la géographie, la biologie, l'aménagement du territoire et en génie civil...

La fertilité durable des sols dépend des interactions entre la végétation et la faune du sol. Alors, il est nécessaire parallèlement aux recherches physico-chimiques employées dans l'étude des sols, d'étendre les recherches sur la biologie des sols [2] ou la **Pédo**biologie****.

Les invertébrés du sol présentent une extraordinaire diversité taxonomique, on estime qu'ils représentent 23% des espèces actuellement décrites [8]. Mais son étude n'a pris véritablement essor qu'à la fin du XX^{ème} siècle lorsque l'objectif de la recherche était surtout de se débarrasser des ravageurs des cultures [13]. Plusieurs définitions de la faune du sol ou **pédofaune** ont été proposées mais d'une manière générale, c'est l'ensemble des animaux qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol (faune endogée) ou sur sa surface (faune épigée) y compris la litière [2].

En fait, des différents types de classification existent, mais nous nous inspirons à celle adoptée par Bachelier en 1978, qui distingue la pédofaune en fonction de leur taille.

➤ ***Microfaune*** : cette catégorie rassemble les individus plus petits que 0,2 mm et est essentiellement constituée des édaphons hydrobiontes c'est-à-dire qu'ils sont aquatiques. Les Protozoaires et les Nématodes constituent l'essentiel de la microfaune [3].

➤ ***Mésofaune*** : cette catégorie représente les individus ayant une longueur de 0,2 à 4 mm ; elle est essentiellement soit des édaphons hygrobiontes (avide d'humidité) soit des édaphons xérophiles (apte à supporter la sécheresse). Les Collemboles et les Acariens constituent l'essentiel de la mésafaune.

➤ ***Macrofaune*** : comprenant les invertébrés de 4 à 80 mm de long. Ce groupe renferme divers groupes à savoir les Vers de terre, les Myriapodes, Cloportes, Chilopodes, Diplopodes, Araignées et insectes divers.

➤ ***Megafaune*** : on englobe dans cette catégorie les animaux ayant la taille supérieure à 80 mm tels les vertébrés (rat, tape, reptile...) et invertébrés (crabe, vers...)

1.2. GENERALITES SUR LE MILIEU D'ETUDE

1.2.1. Milieu physique

Cette étude s'est déroulée dans la NAP de Fandriana-Marolambo, étant un corridor forestier reliant les deux grandes Aires Protégées de renommée internationale à savoir le PN Ranomafana au Sud et le PN Andasibe Mantadia au Nord. Dans l'administration, elle est limitée à l'Est par le district de Marolambo, à l'Ouest par le district de Fandriana, et au Sud-ouest par le district d'Ambositra. La ville de Fandriana, se trouvant à 350 km au Sud-est de la capitale, est ouverte aux grandes villes par la Route Nationale N° 41 qui est reliée à la RN 7.

Cette NAP s'étale entre les Latitudes $20^{\circ}00'$ et de $20^{\circ}45'$ Sud et les Longitudes $47^{\circ}12'$ et $47^{\circ}54'$ Est. Avec une longueur de 110 km environ du Nord au Sud, et de superficie près de 60 000 ha, elle occupe 3 districts contigus (Figure 1):

- A l'Est, le district de Marolambo ;
- Au Sud-ouest, le district d'Ambositra ;
- A l'Ouest, le district de Fandriana.

Et puisqu'il s'agit d'une zone qui se trouve entre la limite de la région littorale et celle des hauts-plateaux, cette NAP raccorde géographiquement ces deux régions qui lui sont spécifiques [25].

Les observations se sont effectuées dans le district de Fandriana, plus précisément dans les Fokontany Miandrisoa-Sarandrana et Andohariana respectivement dans les CR de Miarinavaratra et d'Ankarinoro. La figure 1 nous présente la carte de localisation de cette NAP et la figure 2 s'agit celle de ces deux Communes.

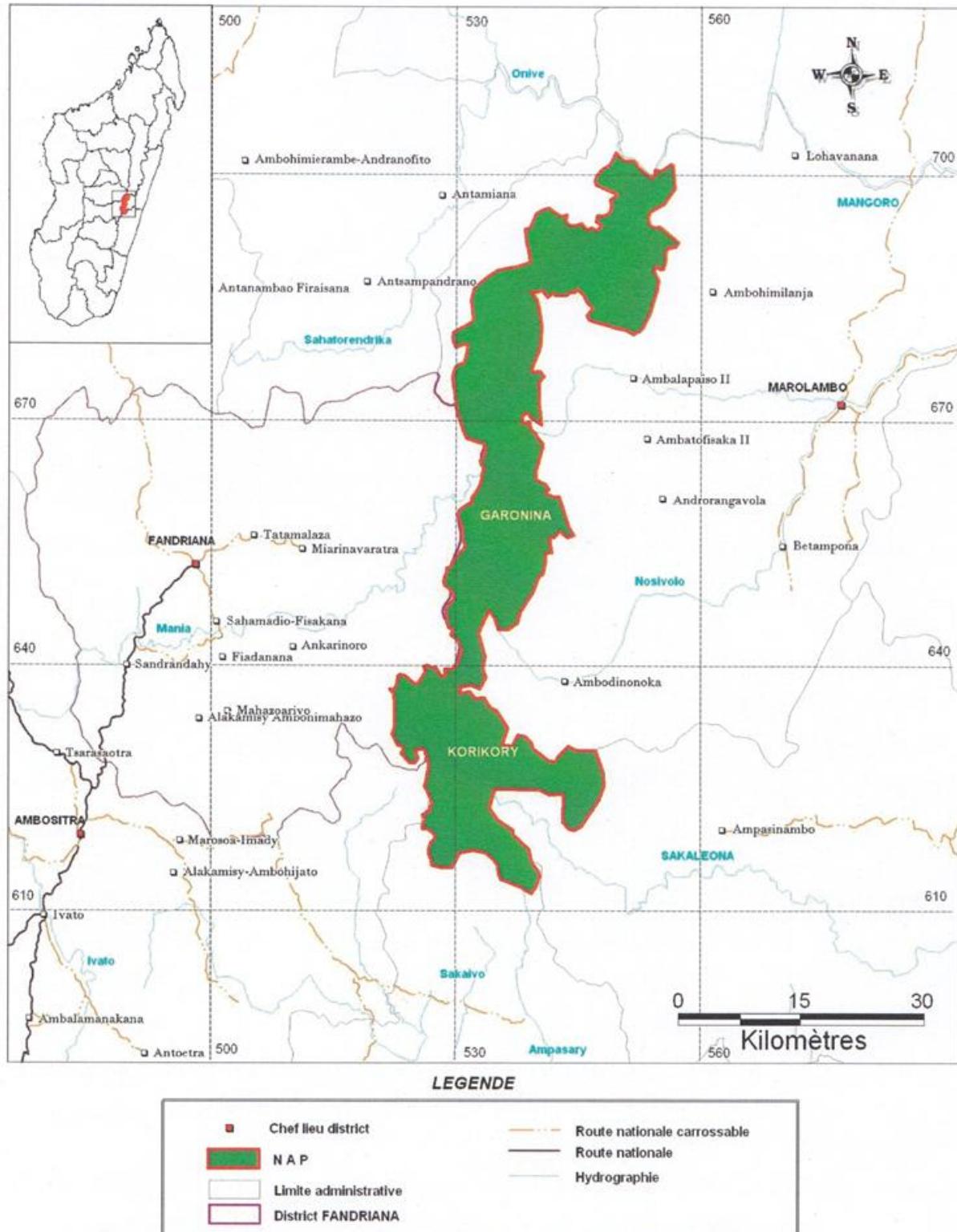


Figure 1: Localisation de la Nouvelle Aire Protégée de Fandriana-Marolambo

(Source : BD500FTM, BD500Géologie. 2009)

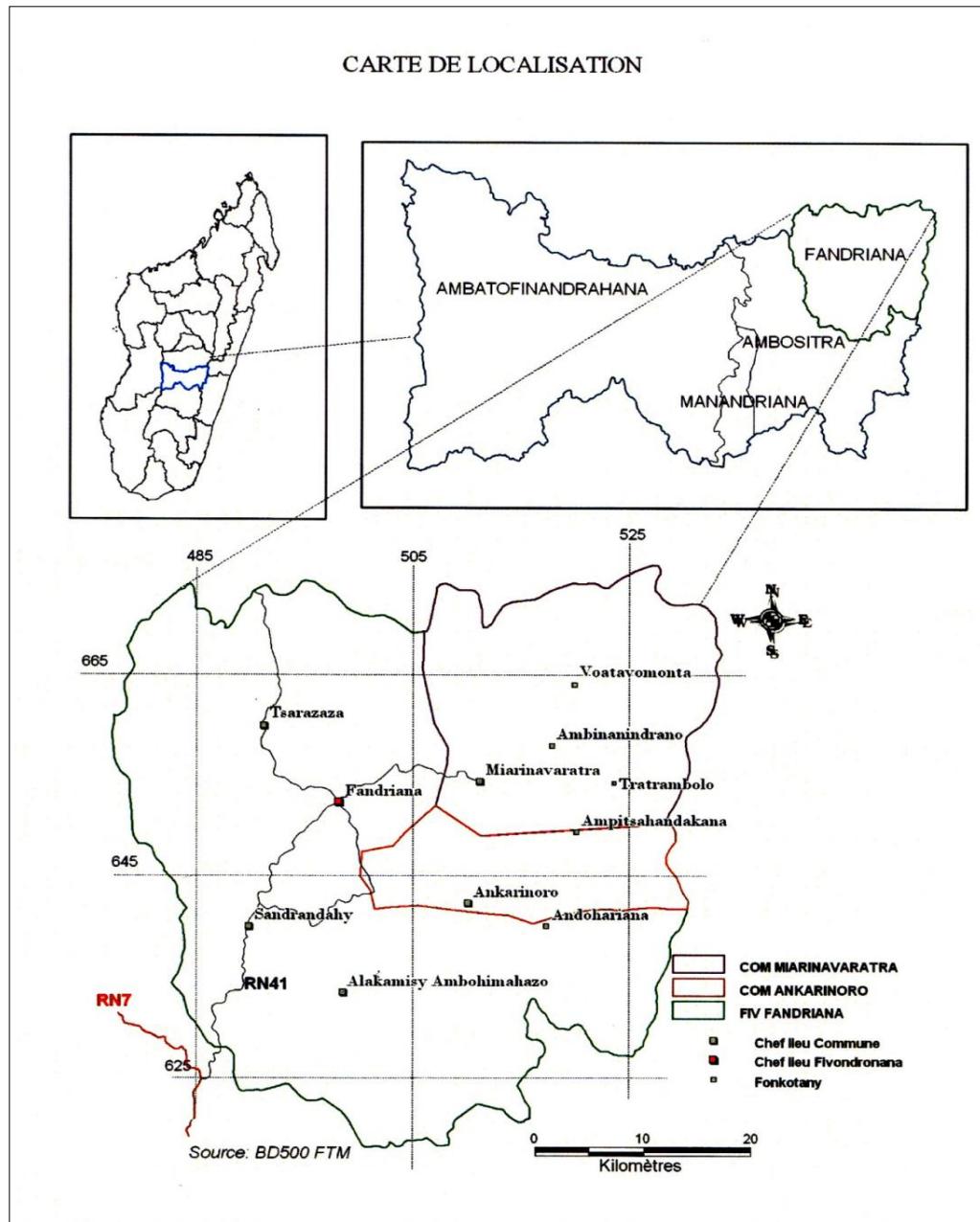


Figure 2 : Localisation des deux Communes appartenant à la zone d'étude

1.2.1.1. *Climat*

Le climat y est de type tropical tempéré d'altitude [30] caractérisé par deux saisons distinctes avec :

- Saison chaude et humide : pendant laquelle, la précipitation mensuelle est supérieure à 100 mm pour les mois de Décembre au Mars avec un pic enregistré au mois de Janvier [40] ;
- Saison froide et sèche pour la précipitation inférieure à 30 mm étalée du mai au septembre et le déficit est marqué le mois de Juin.

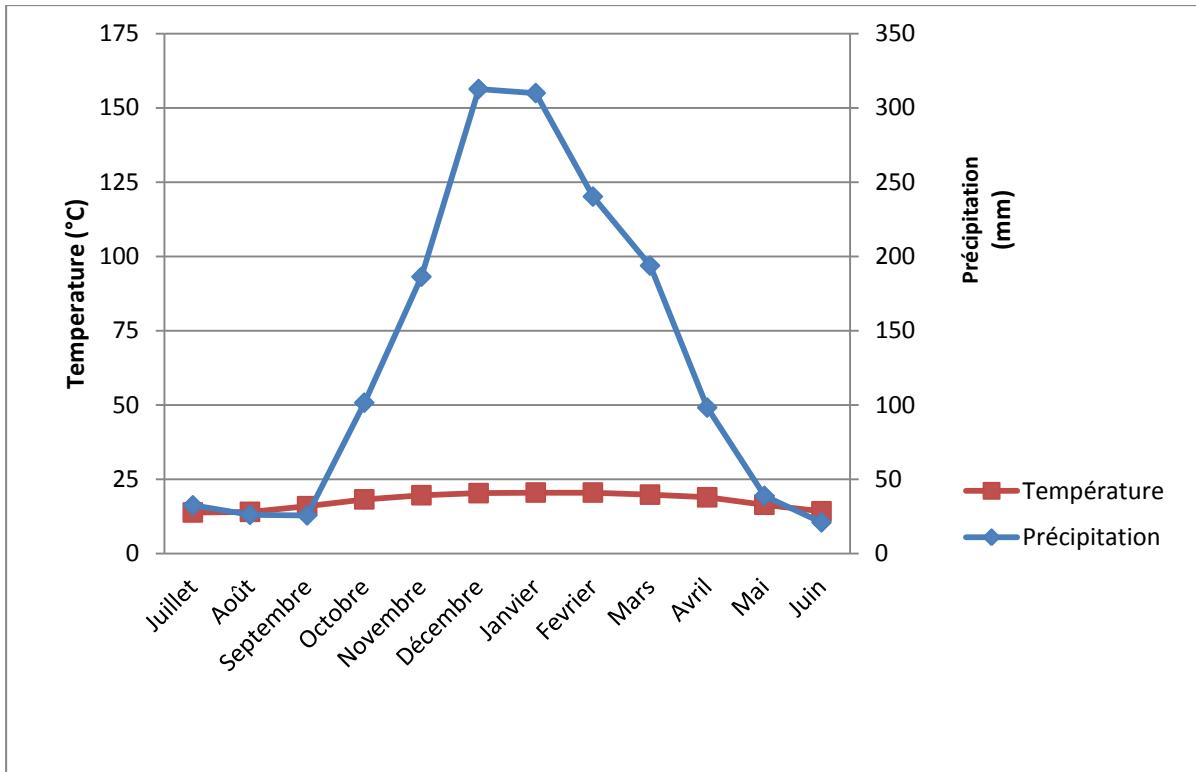


Figure 3: Courbe ombrothermique de Fandriana ($P = 2T$ d'après Gaussen)

(Source : service de la météorologie d'Ampandrianomby)

La courbe ombrothermique de cette région comme nous illustre la figure 3 met en évidence ces deux saisons bien différentes : saison chaude et humide et saison froide et sèche, avec la dominance de la saison humide (7 mois). Le climat est conditionné par l’Alizé, vent chaud et humide venant du Sud-est, d'où l'abondance des précipitations occultes même durant la saison sèche [25]. La pluviométrie moyenne annuelle atteint 1 300 mm, repartie en 160 jours selon l'information auprès du service de la météorologie d'Antananarivo.

Pour la température, la moyenne annuelle est comprise entre 16 et 18 °C, avec une moyenne minimale de 6 °C durant la saison froide, et une moyenne maximale de 25 °C pouvant atteindre 30 °C durant la saison chaude.

Ces informations nous permettent d'affirmer que la précipitation et l'humidité dans cette région sont propices au développement de la macrofaune avide d'humidité [2].

1.2.1.2. Morphologie

Le relief y est essentiellement caractérisé par la succession des montagnes à pentes très fortes et des vallées profondes et étroites [30]. Avec un relief accidenté (figure 4), la zone d'étude est dominée par des montagnes, ayant une altitude de 1 300 à 1 750 m qui présentent la majeure partie du paysage. Les bas-fonds ont de surfaces restreintes, exploités pour la riziculture. Cette étroitesse surface rizicole oblige les paysans à exploiter les ressources naturelles (forêt, exploitation minière ...) afin de satisfaire leurs besoins.



Figure 4 : Paysage accidenté d'Andohariana (Photo de l'auteur)

1.2.1.3. Géologie

Géologiquement, Madagascar comprend deux grandes formations :

- **Socle cristallin** : qui date du Précambrien et forme l'ossature de Madagascar. Il couvre toute la partie centrale et presque toute la partie orientale de la grande Ile et affleure sur une surface de 400 000 km² environ les deux-tiers de l'Ile. Cette formation est essentiellement des roches magmatiques et métamorphiques subissant des métamorphismes et orogénèses successives, d'où leur structure très plissée et très complexe ;
- **Couverture sédimentaire** : occupe le tiers restant sur la partie occidentale. Contrairement au socle, elle est formée de couches non plissées plongeant doucement avec une pente d'environ 10° vers l'Ouest. La datation des fossiles qu'elle renferme permet d'indiquer son âge allant du Carbonifère au Quaternaire.

A l'intérieur du socle, le **bloc d'Antananarivo** couvre la plus vaste superficie, où appartient notre site d'étude selon la classification du PGRM en 2008. La NAP Fandriana Marolambo appartient au **groupe d'Ambatolampy**, une subdivision au sein du bloc d'Antananarivo, comprenant un ensemble de gneiss et de micaschiste à graphite ; d'où son nom **système de graphite**. Les roches ont subit des

plissements majeurs et métamorphismes et ont formé du graphite selon BESAIRIE en 1973 [5]. La teneur élevée en **graphite** de la région (NAP) a donné naissance aux gisements autrefois exploités comme à Lakandrano au Nord de la région de Fisakana, au centre à Andraïdoka et à Ranomafana (Miarinavaratra), à Ikify et Vohibato au Sud de Mahazoarivo [25]. A l'intérieur du Corridor, à Ambatoharanana, il y avait une très grande exploitation de graphite pendant la Première République [41].

A part le graphite, la minéralisation de cette zone s'est marquée par la présence des filons de **quartz aurifères** qui ont donné naissance aux gisements alluvionnaires autrefois et actuellement exploités.

Les différents faciès géologiques de la zone d'étude sont illustrés dans la figure 5 suivant et dominés par :

- Les migmatites et quartzites dans la partie Sud ;
- Les granites migmatitiques dominants dans la partie Nord de la NAP ;
- Les gneiss et micaschiste sur la vaste superficie à l'Ouest de ce Corridor.

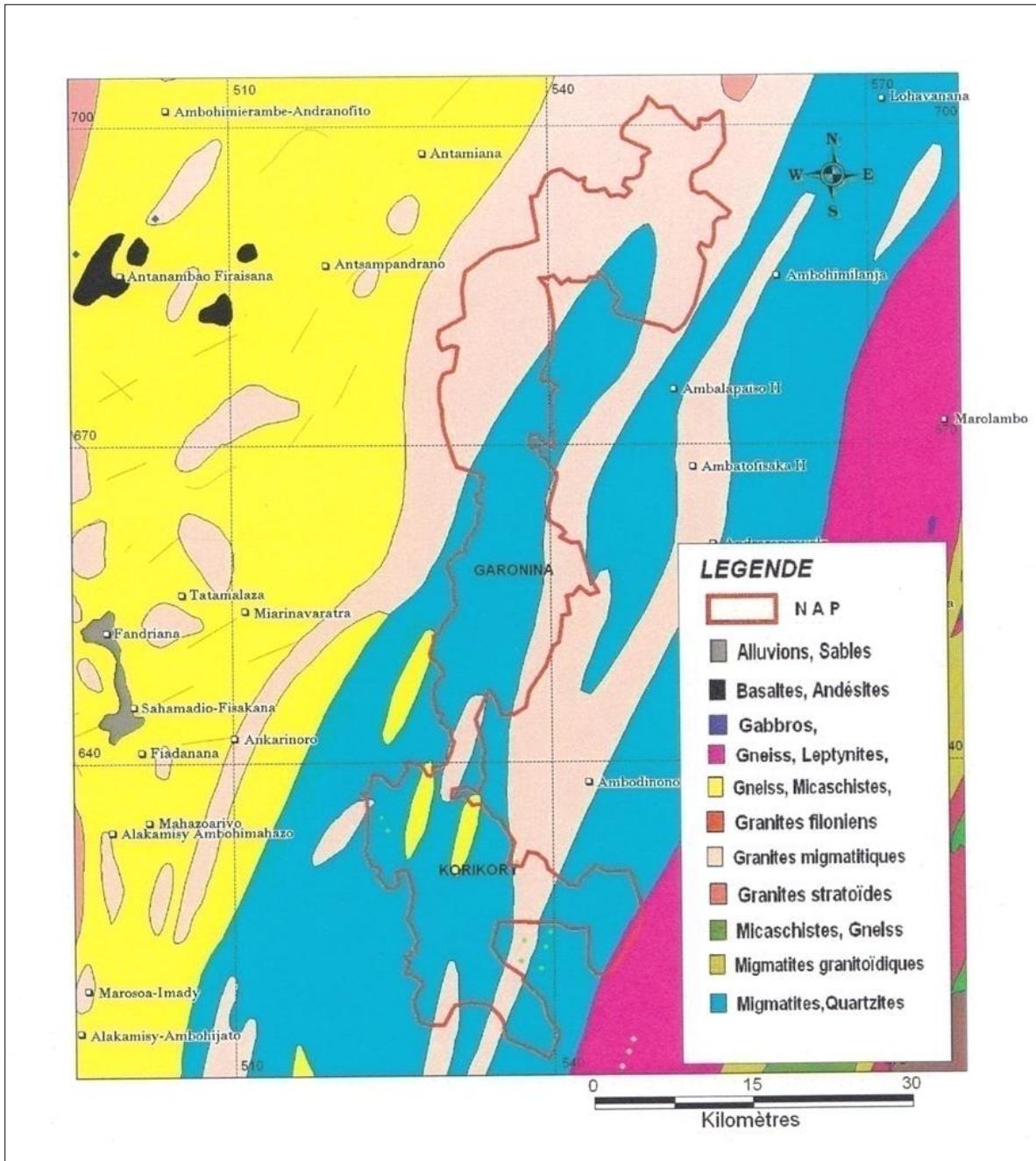


Figure 5 : Carte géologique du milieu d'étude

(Source : BD500 FTM, BD500Géologie)

1.2.1.4. Pédologie

Deux classes de sols se trouvent dans notre zone d'étude à savoir les **sols à sesquioxides et matière organique rapidement minéralisée** et les **sols peu évolués**.

1.2.1.4.1. Sols à sesquioxides et matière organique rapidement minéralisée

A l'intérieur de cette classe, on distingue les :

- **Sols ferralitiques à faciès humifère sous-forêt**, observés sur des reliefs à pentes très fortes, supérieures à 45 %. Le ravinement est normalement moins marqué. Ce sont des sols ferralitiques pénévolués, limoneux, à minéraux primaires à faible profondeur et ayant des excellentes propriétés chimiques. Sous forêt, il y a un enrichissement en éléments minéraux puisés en profondeur et en débris végétaux, d'où une teneur assez élevée en bases échangeables. Sous cultures, le lessivage des bases et l'érosion de l'horizon humifère sont très marqués [7]. Ce groupe de sol constitue la majeure partie du substrat de la NAP.

- **Sols ferralitiques rajeunis à structure plus ou moins dégradée** : Il s'agit de séries de collines aux formes lourdes, à replat sommital bien marqué, et qui culminent à des altitudes subégales. Ils sont dans leurs ensembles peu différents des sols fortement rajeunis ou rajeunis à structure peu ou pas dégradée, mais présentent en général un moindre degré de saturation :
 - sols ferralitiques rajeunis typiques à tendance pénévoluée ;
 - sols ferralitiques rajeunis typiques à structure bien développée ;
 - sols ferralitiques rajeunis typiques à structure plus ou moins dégradée.

Ce type se répartit de part et d'autre du corridor, c'est-à-dire sur les surfaces anciennement couvertes de forêt.

- **Sols ferralitiques fortement rajeunis ou rajeunis à structure peu ou pas dégradée** : Cette unité présente une morphologie assez variable, puisque la répartition entre bas-fonds, pentes et lambeaux de surface dépend essentiellement du degré de dissection atteint [7].

On distingue les subdivisions suivantes :

- sols ferralitiques pénévolués sur les pentes les plus fortes. Les horizons sont limoneux ou sableux à faible profondeur, poreux, très friable, avec minéraux primaires altérés et souvent chimiquement assez riches, mais sensibles à l'érosion ;
- sols ferralitiques rajeunis typiques, à structure bien développée sur les pentes fortes, aucun niveau compact mais à forte cohésion des agrégats. Le passage entre les horizons est progressif. Ils sont moins sensibles à l'érosion que les sols pénévolués, car plus riches en argile. Leurs réserves en bases sont moyennes.

- sols ferralitiques rajeunis typiques à structure plus ou moins dégradée, sur les pentes relativement faibles. Pas d'horizon compact ; cependant, dès l'horizon B 1, la densité des racines diminue sensiblement. Ils sont caractérisés par la structure polyédrique, moyennement développée et à porosité moyenne [7]. On le rencontre dans la partie Sud-est du Corridor.

1.2.1.4.2. Sols peu évolués

L'autre classe, les sols peu évolués d'origine non-climatique. On y trouve les deux sous groupes :

- ***Sol d'érosion*** : Cette unité se répartit sur l'ensemble des Hautes Terres, soit en grands ensembles, en fonction du relief très disséqué, soit en partie en petits massifs éparpillés sur les niveaux les plus récents, notamment la surface fini tertiaire. Sur les pentes les plus fortes, on trouve des sols ferralitiques pénévolués typiques. Ils ne présentent un intérêt agricole que quand ils sont formés sur roches basiques, où ils ont de très bonnes propriétés physiques, un degré de structuration élevé. Quand l'érosion est restée modérée, l'horizon humifère est assez épais. L'horizon B est à structure bien marquée où les racines pénètrent. La résistance satisfaisante à l'érosion est due à l'horizon B ayant un taux d'argile élevé. Le complexe adsorbant est toujours désaturé. Sur les pentes moins marquées, on note les sols ferralitiques rajeunis typiques à tendance pénévoluée, à structure bien marquée dans les horizons supérieurs. [7]



Figure 6 : Sol ferrallitique jaune sur rouge
(Photo de l'auteur)

La figure 7 suivante présente le caractère pédologique de la zone d'étude.

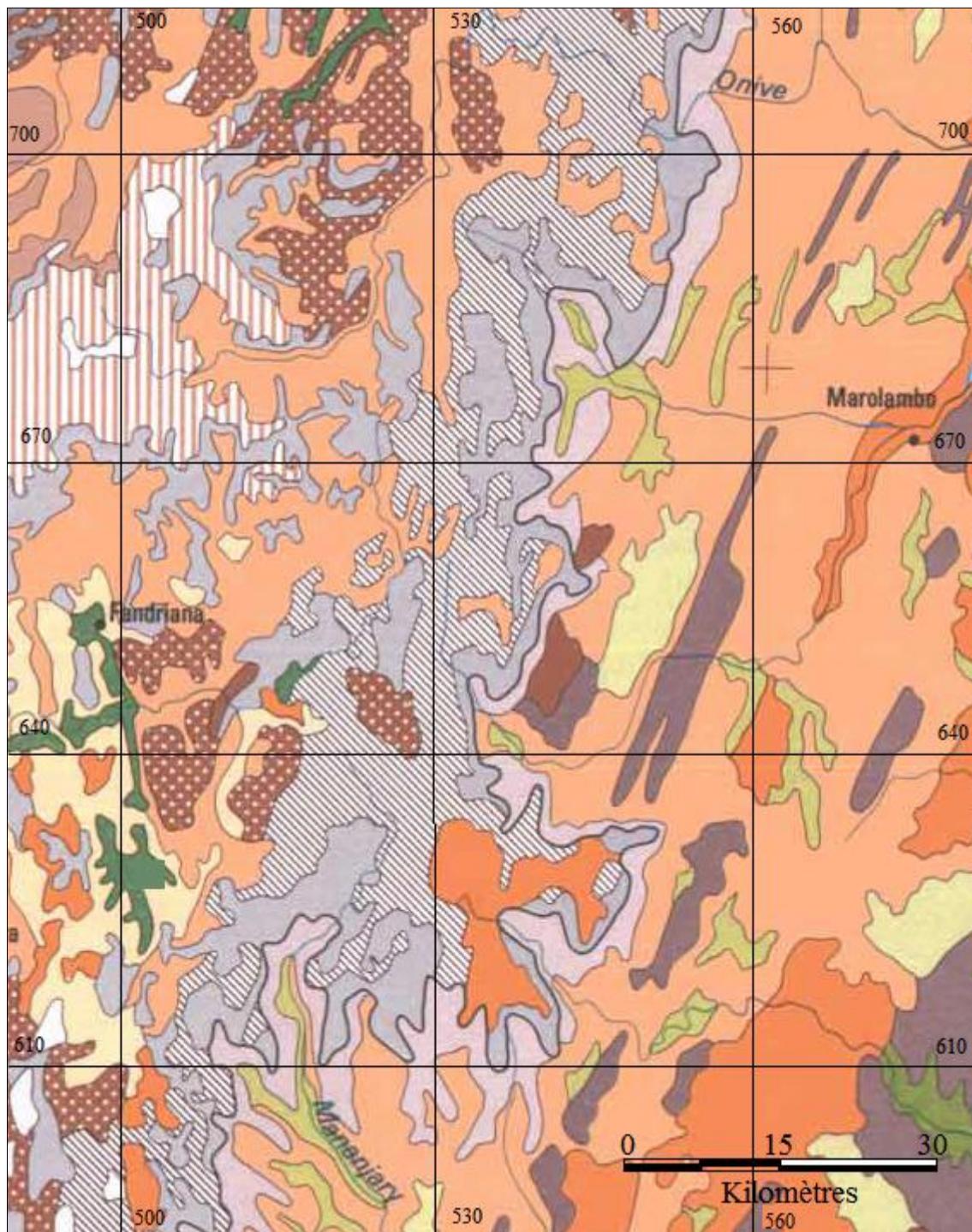


Figure 7 : Caractère pédologique de la zone d'étude
 (Source : Extrait de la carte pédologique ORSTOM : 1981)

BAS-FONDS	Sols d'apport	Sols ferrallitiques fortement rajeunis ou rajeunis à structure
		Sols ferrallitiques rajeunis à structure plus ou moins dégradée
	Sols ferrallitiques rajeunis, friables et concretionnés	Sols ferrallitiques fortement rajeunis sur les pentes, sols d'apport et d'érosion
	Sols ferrallitiques rajeunis à structure peu dégradée	Sols d'érosion
	Sols d'érosion	Sols ferrallitiques rajeunis ou fortement rajeunis humifère sous forêt
	Roches à nu	Sols ferrallitiques rajeunis, enrichis en minéraux peu altérables à structure dégradée. Sols anciens
	Sols ferrallitiques rajeunis, enrichis en minéraux peu altérables à structure dégradée	Sols ferrallitiques à faciès humifère sous forêt

- ***Sol d'apport*** : Les sols de bas-fonds sont fonction des types de dépôt et de l'hydromorphie qui dépend des conditions du drainage.
 - Sur les bourrelets et terrasses anciennes : on trouve des sols ferralitiques jaunes à structure bien développée et des sols peu évolués d'apport fluviatile à horizon humifère d'épaisseur variable et de bonnes propriétés physico-chimiques ;
 - Dans les plaines d'inondation : on trouve toute la gamme des sols hydromorphes allant des sols hydromorphes peu humifères à pseudo-gley dans les zones à engorgement temporaire aux sols à gley d'ensemble. Puis aux sols hydromorphes moyennement organiques (semi-tourbeux) jusqu'aux sols hydromorphes organiques (tourbeux) dans les zones à submersion permanente [7].

On les rencontre sur les reliefs dominants à pente forte et les bas-fonds.

1.2.1.5. *Hydrologie*

Tous les réseaux hydrographiques de Fandriana font partie du bassin de la Mania, appartenant au versant Canal de Mozambique [22]. En prenant source dans le Corridor, la rivière de Fisakana, un des affluents de la Mania, coule vers l'ouest avec son lit généralement plat, mais elle offre une chute d'eau, à Andriamanjavona et à Tratrambolo avec une hauteur de 50 m qui est exploitée par le JIRAFI pour l'approvisionnement en eau et en électricité du District de Fandriana et ses alentours [25].

Ce cours d'eau draine aussi presque les 80 % des bas-fonds rizicoles du district de Fandriana [25].

Des autres fleuves prennent leurs sources dans la NAP mais se déversent vers l'Est dont les fleuves Onive au Nord, Nosivolo (affluent de Mangoro), Sandranamba à l'Est, Mananjary au Sud, Sakaleona et Itazonana vers le Sud-est... La figure 7 présente l'ensemble des réseaux hydrographiques et topographiques de la zone d'étude.

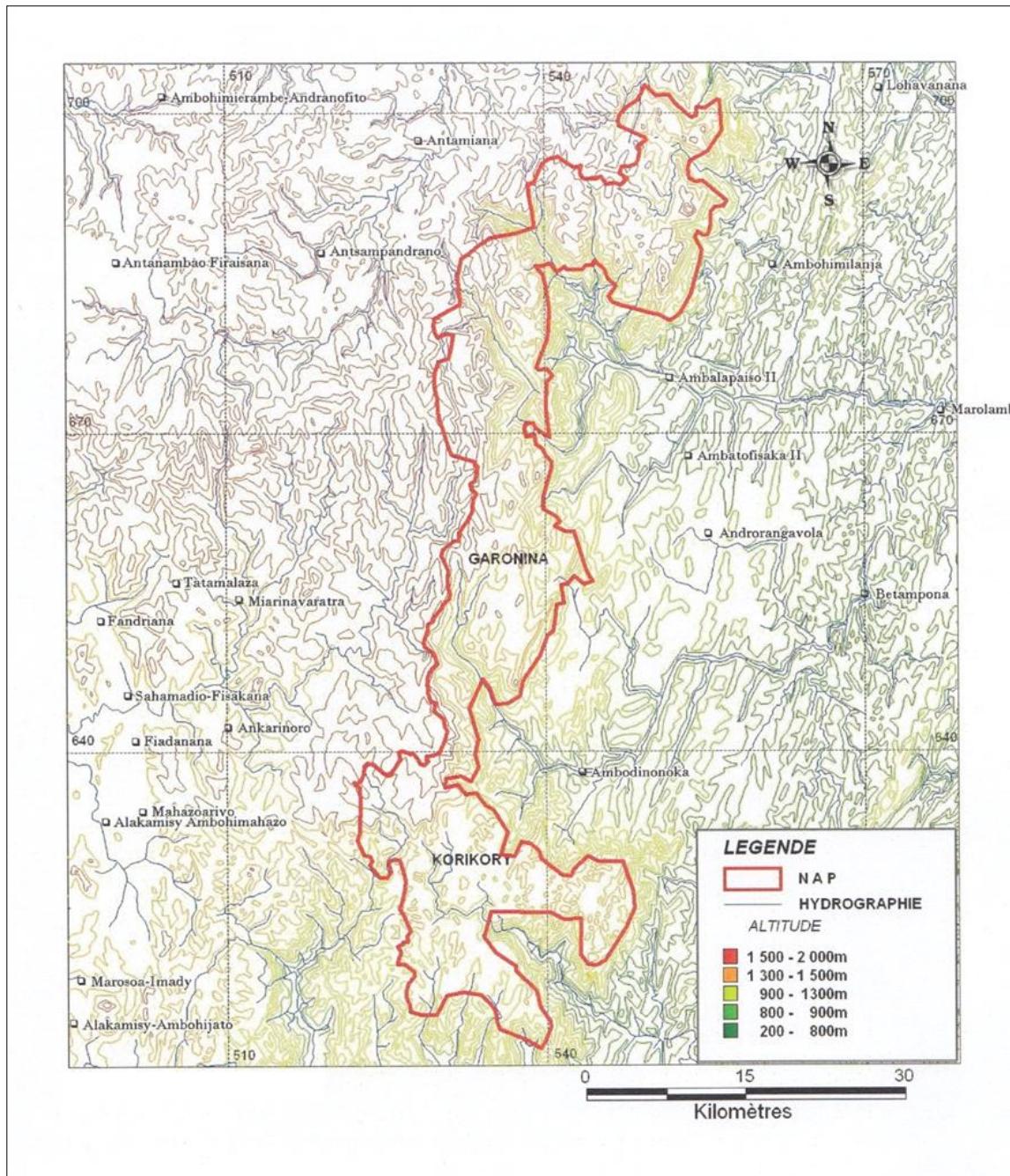


Figure 8 : Carte hydrographique et topographique de la zone d'étude

(Source : BD500FTM, BD500géologie. 2009)

1.2.2. Milieu biologique

1.2.2.1. Faune

Ce corridor est riche en espèces faunistiques tant des Vertébrés qu'Invertébrés. Parmi les Invertébrés, les insectes volants sont les plus nombreux. Plus de 130 000 individus appartenant à 15 ordres et à 100 familles s'y abritent. Les plus abondants sont les Ordres Diptera (mouches, moustiques), Homoptera, et Hymenoptera (abeilles, fourmis). Tandis que les plus rares sont les ordres Ephemeroptera [37]. Chez les vertébrés, il constitue un milieu propice au développement de plusieurs espèces et conserve ainsi une endémicité faunistique élevée.

- **Poissons** : Deux espèces de Cichlidés, *Ptychochromoides katria* (Katria) et *Oxylapia polli* (Songatana) sont micro-endémiques de la région. C'est une zone humide riche en espèce ichtyofaune endémique abritant une vingtaine d'espèces menacées de disparition. En outre, on y trouve les familles de Mugilidae, Kuhliidae, Eleotridae, Gobiidae, Teraponidae qui sont des familles de poissons eurhaliens. [34].
- **Amphibiens** : comptés jusqu'à 64 espèces [25], *Calumna* sp., *Fucifer* sp., *Mantella* sp., et *Phelsuma* sp. sont menacés d'extinction selon le statut de conservation.
- **Reptiles** : 29 espèces de Reptiles sont à noter comme *Boa* sp. qui est commercialisé à réglementation stricte [25] et *Sanzinia madagascariensis*...
- **Oiseaux** : le Corridor renferme 84 espèces dont 36 sont endémiques [25]. La diversité avienne y est caractéristique de la forêt humide orientale de Madagascar abritant 23% d'espèces globalement menacées, 47% d'espèces à répartition restreinte et 48% d'espèces inféodées au biome de l'Est [41]. Trois sur les quatre familles endémiques malgaches sont présentes dans ce corridor dont celles de : Brachypteraciidae, Leptosomatidae et Vangidae.
- **Mammifères** : Douze espèces de rongeurs sont recensées dont onze endémiques comme *Nesomys rufus*, *Eliurus majori*, *E. minori*... et les quatorze espèces d'insectivores comptées sont toutes endémiques comme *Microgale taiva*, *M.dobsoni* et *Hemicentetes semispinosus* etc. Pour l'ordre des Primates, ce corridor est l'abri des sept espèces : *Avahi laniger*, *Cheirogalus major*, *Daubentonias madagascariensis*, *Eulemur rubriventer*, *Hapalemur mustelinus*, *Microcebus rufus* et *Varecia variegata* [25].



Oxylapia polli (source : RADASIMALALA V.A.T.)



Avahi laniger (source : Encarta 2009)



Calumma parsonii (source: Wildmadagascar.org)



Sanzinia madagascariensis
(Photo de l'auteur)

Figure 9 : Quelques espèces animales dans le Corridor

1.2.2.2. Flore

Selon les différentes classifications adoptées, cette région appartient au :

- Domaine du centre, série à *Weinmannia* et à *Tambourissa* (Humbert, 1965) ;
- Zone écofloristique orientale de moyenne altitude (Faramalala et Rajeriarison, 1999) ;
- Ecorégion Est (MNP, 2008).

Les végétations climaciques sont des Forêts denses humides sempervirentes (Figure 10) jusqu'à 1800 m d'altitude et au dessus, on note les brousses éricoïdes. Comme son nom l'indique, domaine du centre et série à *Weinmannia* (lalöna) et à *Tambourissa* (ambora) (Humbert, 1965), ces deux genres avec *Ocotea* (varongy) et *Eugenia* (rotra) sont les plus fréquents. Avec 68 familles, 147 genres et 317 espèces [25], l'endémicité spécifique atteint 94,78%, et l'endémicité générique vaut 24,5% et un taux de 1,45% au niveau de la famille.

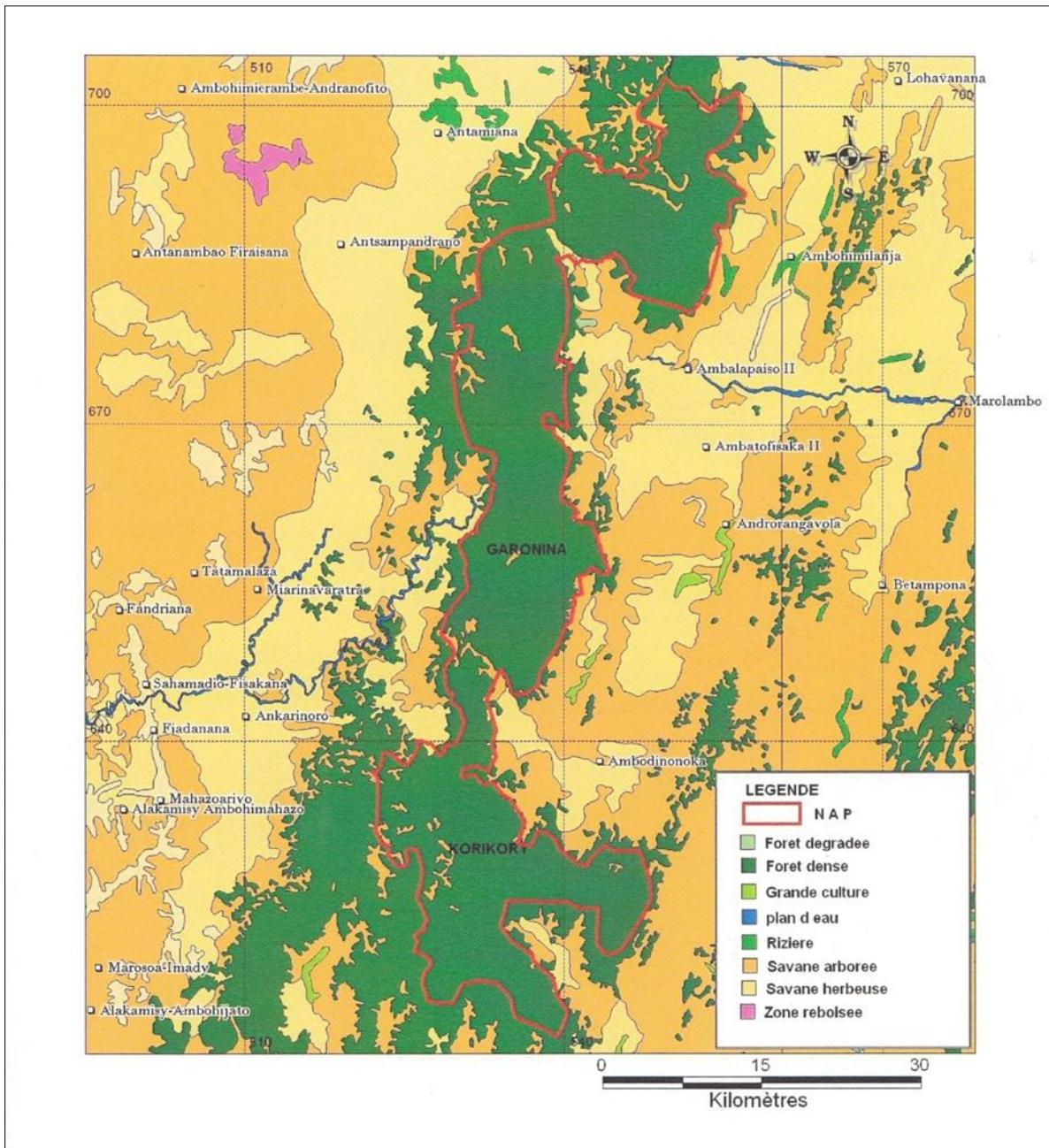


Figure 10 : Végétation du milieu d'étude

(Source : BD500 FTM, BD500Géologie. 2009)

Sur les zones anthroposées, des savanes à *Lasiorrhachis viguieri* (Haravola) (Figure 11) et *Philippia* sp. (Anjavidy) qui est une espèce indicatrice du passage du feu, couvrent la majeure partie. Dans des coins isolés, quelques rares lambeaux de forêts restent encore accrochés, couvrant quelques kilomètres carrés. Les vastes prairies et les marécages sont localement interrompus par des groupes d'*Eucalyptus*, de pommiers et de mimosa en taches dispersées [22].

Le reste du territoire et la majorité des collines sont occupés par des végétations herbacées [30].



Lasiorrhachis viguieri

Orchidée épiphyte

Canthium sp.

Figure 11 : Quelques espèces végétales dans le corridor (Photo de l'auteur)

1.2.3. Milieu humain

1.2.3.1. Démographie

Notre zone d'étude est peuplée essentiellement de Betsileo (autochtones), des immigrants Merina, Betsimisaraka et Vakinakaratra [30]. Les villes et villages sont d'une façon générale concentrés dans les vallées et dans les zones de dépression [22]. Le district de Fandriana est formé de 13 communes y comprises les CR Miarinavaratra et Ankarinoro. La première se situe à 24 km de Fandriana, subdivisée en 41 Fokontany, s'étendant sur une superficie de 4 649 km² [30] et la seconde se situe à 22 km du chef lieu du District vers l'Est et est composée de 8 Fokontany sur une superficie de 242 km² [29]. Le FKT Miandrisoa Sarandrana, situé à 24 km de la commune Miarinavaratra vers le Nord, abrite 633 habitants, et le FKT d'Andohariana situé à 16 km à l'Est de la commune d'Ankarinoro compte 464 habitants.

1.2.3.2. Activités et ressources socio-économiques

1.2.3.2.1. Agriculture et élevage

Pour la CR d'Ankarinoro, la production agricole s'est basée sur des cultures vivrières. Le manioc reste au premier rang avec une production de 4 500 t/an [30], viennent ensuite la patate douce, le riz, et les légumes. Pourtant, l'autosuffisance alimentaire n'est encore atteinte, c'est pourquoi beaucoup de gens se tournent vers des spéculations illicites, illégales mais plus rentables et qui peuvent générer des revenus : ce sont la fabrication d'alcool de canne et la culture de rongony [29].

Pour la CR de Miarinavaratra, la production est la même, où les tubercules restent en tête avec 5 800 t/an ; viennent ensuite les céréales avec 3 000t/an et enfin les légumineuses ainsi que les fruits.

L'élevage à cycle court est largement pratiqué par la population. L'élevage dans son ensemble reste du type traditionnel. Les ruches par exemple sont dans les bois morts ou dans les sols. Les bovins vivent des herbes de tanety (pas de plantation de fourrages). Les porcs ne sont pas parqués ainsi ni les volailles [30].

1.2.3.2.2. Exploitation minière et forestière

Le COFAM est marqué surtout par sa richesse en graphite et en or. Malheureusement, ce potentiel ne se reflète pas dans l'économie de la Commune, car l'or est exploité de façon désorganisée par les populations riveraines, et l'exploitation du graphite ne se fait pas en ce moment.

Vue l'étroitesse de la zone rizicole, et la dominance des montagnes à pente très abrupte difficile à aménager pour l'agriculture ainsi que l'infertilité des sols (1,3 t/ha : production du riz), les populations exploitent les ressources naturelles pour satisfaire leurs besoins quotidiens. Les gens commencent à abandonner l'activité agricole et se convertissent en orpailleurs ou en trafiquants de rhum local [30].

La fabrication du rhum artisanal à partir de la culture de canne à sucre (*Saccharum officinarum*) demeure la principale cause de déforestation via la pratique de tavy dans le secteur d'Ankarinoro. Dans la CR Miarinavaratra, l'exploitation des bois pour la fabrication de mortier, pilon, meubles, etc. est la plus pratiquée [30].

1.2.3.3. Organismes œuvrant sur place

Plusieurs acteurs de développement et environnemental siègent à proximité du Corridor forestier, pour la création et la réalisation du projet COFAM. Des acteurs socio-économiques comme la ONN, CRS ; BIF, des acteurs impliqués dans le secteur environnemental comme le MNP, WWF, Durell, et autres organisations se collaborent dans ce projet. La localisation de ces différents acteurs fait l'objet de la figure 12.

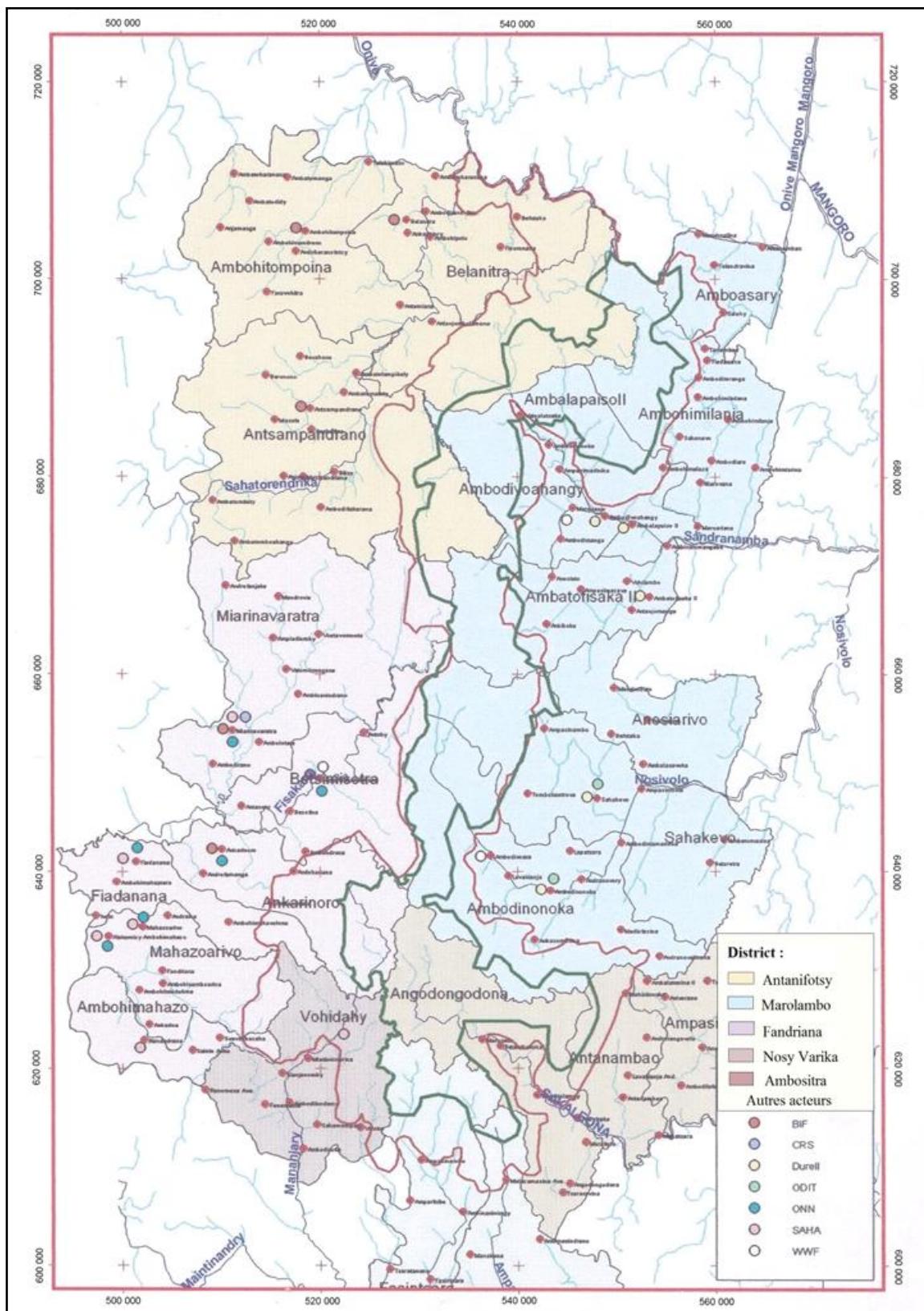


Figure 12 : Carte de répartition des différents organismes de développement

(Source : Projection en Laboratoire métrique / SIG : RAI-DIRF / Sept 2010)

1.2.3.4. Infrastructures sociales

1.2.3.4.1. Education

Les infrastructures scolaires locales ne suffisent pas à recevoir les enfants après le BEPC car il n'y a qu'un seul Lycée général à Miarinavatra voire rien à Ankarinoro. Malgré cela, le taux de scolarisation reste encore élevé : 79,09 % et 77 % et le taux d'alphabétisation des adultes est évalué à 78 % et 68 % respectivement pour Miarinavaratra et Ankarinoro. Bon nombre d'élèves sont donc obligés d'aller dans les collèges des autres communes ou directement dans ceux du chef lieu du district pour poursuivre leurs études. Or, une telle stratégie est difficilement soutenable pour les parents pauvres ; car il leur faut l'assurance des frais de scolarité et du quotidien de leurs enfants à Fandriana. Beaucoup d'élèves sont donc obligés d'abandonner l'école pour aller travailler ailleurs. [30]

1.2.3.4.2. Santé

La pratique de la phytothérapie, à cause de l'emplacement éloigné des centres médicaux et aussi le faible pouvoir d'achat, demeure habituelle chez les populations forestières. La CR de Miarinavaratra a au niveau de quelques FKT 5 CSBI et 2 CSBII, signalons particulièrement les FKT Lakandrano et Miarinavaratra [30]. La CR d'Ankarinoro n'a qu'un CSBII au niveau du chef lieu de la Commune [29].

1.2.3.4.3. Voie d'accès

Ces deux FKT (Miandrisoa Sarandrana et Andohariana) sont reliés à leurs chefs lieux de commune par des voies non utilisables pour toutes les saisons de l'année. Par contre, ces deux communes (Miarinavaratra et Ankarinoro) sont reliées par des pistes carrossables tout au long de l'année [25].

1.3. Conclusion sur le milieu d'étude

La Nouvelle Aire Protégée (NAP) Fandriana-Marolambo, reliant les deux grandes Aires Protégées (AP) de la zone orientale malagasy, est située entre les Latitudes 20° 00' à 20° 45' Sud, et les Longitudes 47° 12' à 47° 54' Est et appartenant dans l'Ecorégion de l'Est. Elle figure parmi les AP malagasy actuellement en cours de création. Ce Corridor se caractérise par son relief très accidenté avec l'étroitesse des bas-fonds, son climat oriental est humide alors que la partie occidentale souffre de la sécheresse pendant 5 mois. Nombreuses diversités floristiques et faunistiques s'y abritent et atteignant un taux d'endémicité supérieur à 90 % au niveau spécifique. Ces potentialités souffrent pourtant de la dégradation due à son exploitation irrationnelle et l'action de la déforestation entamée par la population paysanne. La population riveraine du Corridor qui est constituée de Betsimisaraka dans la partie Est et de Betsileo dans la partie Ouest aime l'école. Ces Betsimisaraka et Betsileo sont tous des agriculteurs, alors que la surface cultivable surtout rizicole (bas-fonds) est restreinte et les versants s'exposent sur des pentes abruptes difficile à aménager. Aussi, le droit coutumier favorise l'extension rapide et sans dépense des terrains de culture suivant les règles de la société. Pourtant, la défriche de la couverture végétale ne demeure pas la solution efficace et durable pour satisfaire la croissance démographique. La dégradation de couverture pédologique en est la conséquence immédiate avec la disparition de la faune du sol, agents humificateurs et décomposeurs du sol. Cet effet néfaste de dégradation se révèle indiscutablement lié à notre objet d'étude : le sol et la macrofaune du sol.

Nous avons vu les caractères physiques et biologiques du milieu d'étude, nous allons voir maintenant comment mène-t-on les études avant, pendant et après la descente sur terrain c'est-à-dire la méthodologie adoptée de ce présent mémoire.

PARTIE II : METHODOLOGIE ET MATERIELS D'ETUDE

2. METHODOLOGIE ET MATERIELS D'ETUDE

Ce travail tient à dégager les interactions qui existent entre les propriétés physico-chimiques du sol et la faune à l'intérieur en vue de leur conservation dans la NAP Fandriana-Marolambo. Pour ce faire, nous aimerions consulter d'abord les études faites sur ce thème, puis parler de la descente sur terrain, de l'analyse au laboratoire et enfin du traitement des données.

2.1. Etudes bibliographiques

Toutes recherches dignes de ce nom commencent toujours par la recherche bibliographique. C'est la base même de ce travail et qui sert de source d'informations et de renseignements sur le thème étudié et sur la zone d'étude. Dès lors, on a constaté quelques ouvrages qui mettent en exergue les interactions entre les organismes et les propriétés physico-chimiques des sols, comme ceux de BACHELIER G. en 1963 et 1978 [2] [3], GOBAT J.M. et al. en 1998 [17] et PONGE J.F. en 2003 [32]. Mais des ouvrages qui se sont focalisés sur la partie de ce mémoire fournissent de bonne information tant sur la Pédologie de cette région comme ceux de BIED CHARRETON et al. en 1981 [6] et de JOO' J. en 1965 [22], que sur la Biologie des sols par RABEMANANTSOA J.D. en 2010 [33], MATHIEU J. en 2004 [26], NADAMA en 2006 [27]... Les méthodes et stratégies nécessaires pour la réalisation pratique des travaux sur terrain ont été tirées de ces différents ouvrages pour que les résultats soient fiables [35].

La consultation des différents ouvrages a été effectuée auprès des centres de documentation comme la Bibliothèque de l'Université d'Antananarivo, celle de Géologie de la Faculté des Sciences, du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, du Centre d'Information Technique et Economique (CITE), du Madagascar National Parks Antananarivo et surtout auprès du Centre de Documentation et d'Information de l'Ecole Normale Supérieure. Concernant la recherche des documents sur Internet, plusieurs mots-clés ont été utilisés comme : *Pédologie, sol, pédofaune, Biologie des sols et faune du sol* etc. et divers sites Webs sont visités dont : www.agroecologie.cirad.fr, www.mabiodiv.cnrs, www.researcherid.com, figurent parmi les plus utilisés.

2.2. Périodes d'étude

- Les données analysées dans ce présent mémoire sont celles des prélèvements du 23 Août au 12 Septembre 2012. La descente sur terrain s'est effectuée donc durant la saison sèche.
- Les analyses au laboratoire s'effectuent juste après la collecte des données sur terrain. La Pédofaune est identifiée au laboratoire d'entomologie et les échantillons du sol auprès du laboratoire de Pédologie Tsimbazaza.

2.3. Etudes sur terrain

Pour prévoir et éviter autant que possible les différentes contraintes et pour bien préparer la descente sur terrain, nous avons réalisé une étude pré-terrain d'une journée à Ambohimanambola. Et avant de joindre le site d'étude proprement dit, il s'avère nécessaire de bien étudier la cartographie de la région et de bien localiser les zones convenables aux travaux de terrains (Forêt vierge, dégradée et bas-fond pas éloignés entre eux). Pour ce faire, on a utilisé Google Earth, comme nous avons vu dans la figure 14 suivante et consulté les cartes dans différents ouvrages.

2.3.1. Objectifs de la recherche

Rappelons que ce mémoire a pour objectif final de faire sortir les interactions entre les propriétés des sols et les animaux à l'intérieur, pour l'atteindre il fallait caractériser les sols et inventorier les différentes espèces faunistiques et enfin dégager le lien entre eux. La descente sur terrain a trois buts distincts :

- Etude descriptive des sols ;
- Inventaire faunistique ;
- Echantillonnage des sols et faune.

2.3.2. Matériels d'études

Durant l'étude sur terrain, nous avons utilisé les matériels suivants :

- Appareil photo pour la prise de vue ;
- Bêche et pelle pour l'ouverture des fosses pédologiques ;
- Charte Munsell (Munsell Soil Color Charts) : pour déterminer la couleur des sols ;
- Couteau de pédologue : pour effriter le profil ainsi ouvert ;
- Fiches pédologiques et les matériels pour la prise de notes : stylo, cahier ;
- Flacon avec de l'alcool 70° pour conserver les échantillons de faune ;
- GPS : pour la localisation et l'orientation dans la forêt ;
- Mètre ruban : pour dimensionner et intercaler les fosses ;
- Pissette à eau : pour tester la perméabilité de l'horizon ;
- Sachet en plastique : pour ensacher les échantillons du sol ;
- Tarière à carotte de type Edelman pour le sondage du bas-fond.

2.3.3. Méthodologie

2.3.3.1. Choix des zones d'étude

Cette étude sur terrain s'est déroulée dans le Futur Parc Fandriana-Marolambo, puis qu'il s'agit d'une Aire Protégée en cours d'installation, nous avons ainsi espéré que le fruit de cette recherche apportera des compléments d'information et contribuera à l'installation de cette NAP. Cette zone représente aussi le long corridor forestier allant de Vondrozo au Sud jusqu'à la limite Nord du PN Andasibe Mantadia. En plus, elle constitue un des milieux naturels les plus menacés à Madagascar malgré sa grande fonction de lieu de refuge pour nombreux êtres vivants [35]. Ce corridor dispose de potentialités basées sur les ressources naturelles et culturelles. Ces potentialités souffrent pourtant de la dégradation due à son exploitation irrationnelle et à l'action de déforestation [37]. En plus, cette forêt n'a pas fait jusqu'à présent l'objet d'une étude, pourtant, elle fait partie de la ceinture forestière de l'Ile et constitue une zone importante pour l'écosystème, qui relie les forêts humides de l'Est de Madagascar [40]. A part la proximité, le choix des CR Ankarinoro et Miarinavaratra est basé sur leur possession de surfaces recouvertes de forêt naturelle, de forêt dégradée et des bas-fonds, ce qui répond à nos critères de zone cible.

Les 3 sites de prélèvement des échantillons sont localisés dans la figure 13 :

- 2 appartiennent dans la CR de Miarinavaratra à Manesimiorika (MMS) et à Ilemonga (ILS) ;
- 1 site appartient dans la CR d'Ankarinoro à Andohariana (ARS).

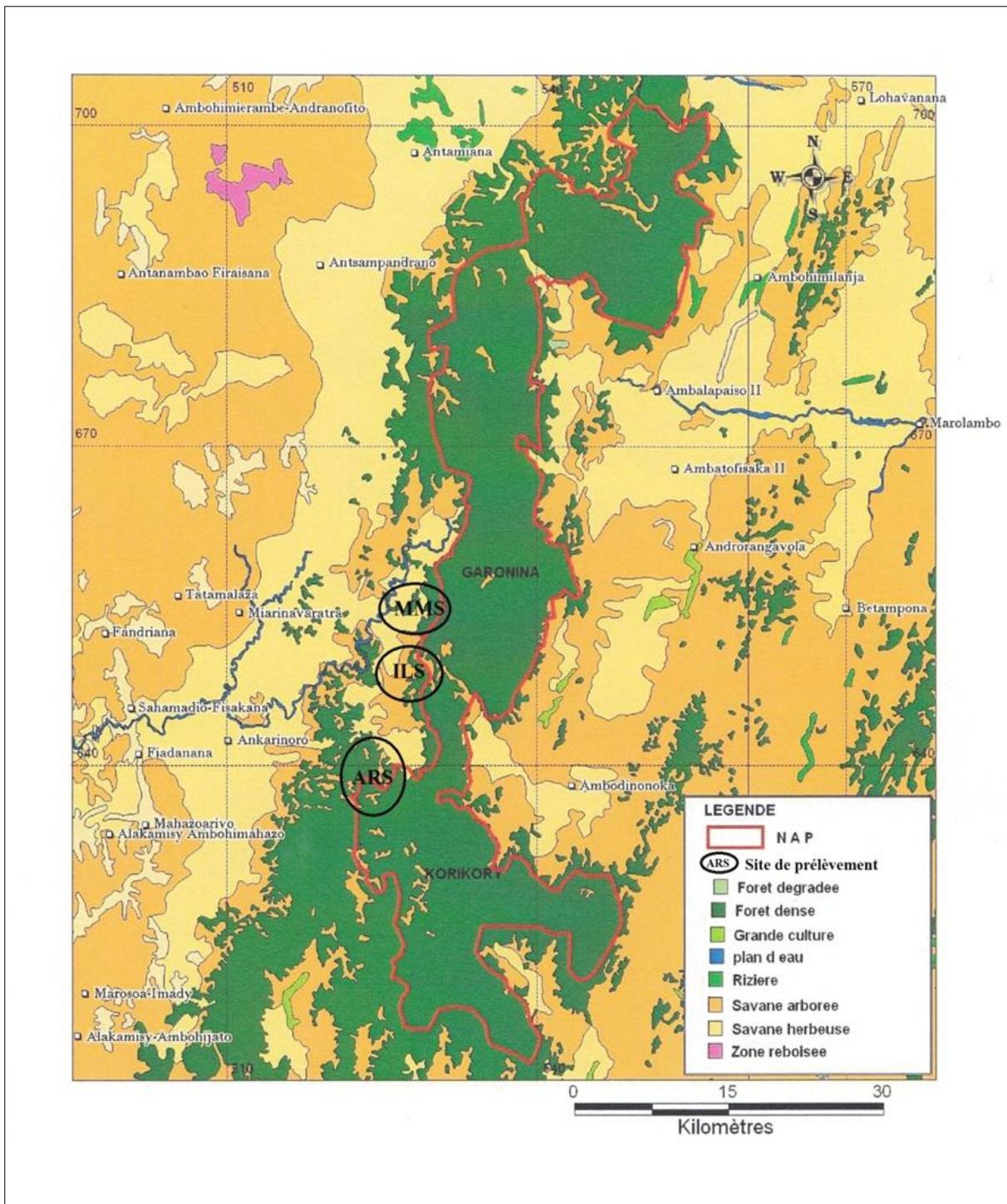


Figure 13 : Carte de localisation des sites de prélèvement des échantillons

(Source : BD500FTM, BD500Géologie, 2009)

La prospection a été réalisée dans trois zones d'occupation différentes pour chaque site :

- Sous forêt vierge : pour mieux connaître les propriétés des sols afin d'établir un plan de conservation ;
- Sous forêt dégradée pour l'apport des propositions d'aménagements ;
- Sol de bas fonds pour l'apport des propositions d'aménagements toujours dans le but de conserver ce substrat.

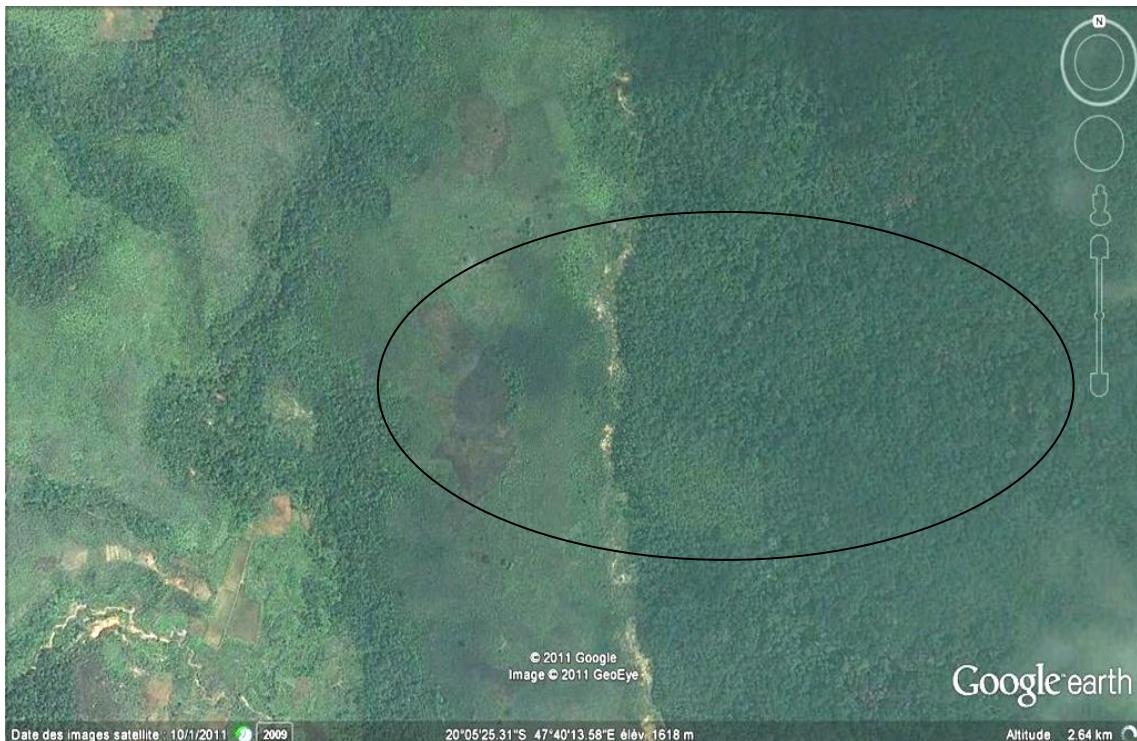


Figure 14 : Site d'étude à Ilémonga

2.3.3.2. *Prospections pédologiques*

Le but est ici de décrire les propriétés physiques de chaque horizon observé et le profil tout entier afin de dégager les caractères pédologiques de la région. Selon le milieu, on distingue les 2 cas suivants :

a. Cas des sols de tanety :

➤ Ouverture des fosses pédologiques (Figure 15)

- Eliminer les débris végétaux, les litières ou autres matières au-dessus du sol proprement dit pour bien mesurer la dimension de la fosse ;
- Forer, à l'aide d'une bêche et d'une pelle, une fosse de $1m \times 1m \times 1m$ au cas où la roche-mère n'affleure pas encore sinon on se contente à la profondeur de la roche-mère.

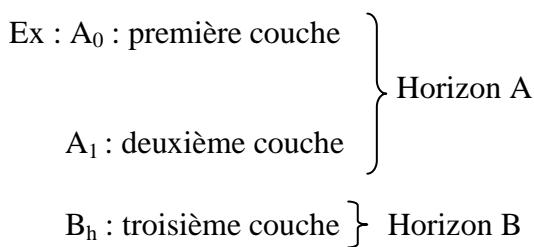


Figure 15 : Fosse pédologique à Manesimiorika (Photo de l'auteur)

➤ Description des horizons pédologiques

Pour décrire un profil pédologique on doit suivre les étapes suivantes :

- Distinguer les horizons suivant leur couleur, puis suivant autres propriétés physiques comme: structure, texture, abondance des racines, le cas échéant.
 - Dénombrer les horizons constitutifs d'un profil ;
 - Déterminer successivement leurs propriétés physiques : Epaisseur, couleur, transition avec l'horizon sous-jacente, humidité, consistance, structure, texture probable, porosité, enracinement et autres comme éléments grossiers, concrétions, taches etc. ;
 - Catégoriser les sous-horizons dans l'horizon correspondant.



- Catégoriser le profil suivant les horizons présents (figure 16) :

Ex : Profil de type AC

Profil de type ABC etc.

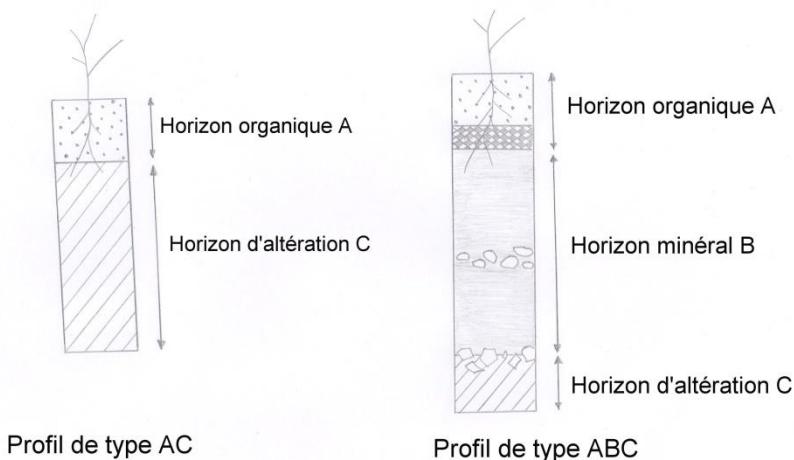


Figure 16 : Profil pédologique de type AC et ABC

Donner la classification probable du sol.

➤ Prélèvement des échantillons à analyser :

Le but est ici de conserver l'échantillon, à l'abri de l'air et de l'eau dont :

- Choisir l'horizon à analyser, et dans cette étude, il est préférable d'analyser les horizons de 20 premiers cm où l'on trouve les 80 % des faunes du sol [3] ;
- Mettre dans un sachet en plastique l'échantillon du sol de 1Kg environ ;
- Marquer à l'aide du marqueur le sachet pour référence.

b. Cas des sols du bas-fond

Enlever la surface du sol, si nécessaire, prélever l'intégralité de la première carotte dans la tête de la tarière. Lorsque la tête de la tarière est remplie, cela correspond à n avancement de 20 cm. Nettoyer la surface pour éliminer les éventuelles salissures. Déposer ces 20 premiers centimètres dans l'ordre correspondant.

Les 20 premiers centimètres de sol sont prélevés. Recommencer les étapes précédentes. A partir de là, on ne conserve que les 10cm situés dans la partie inférieure de la tête de la tarière. En effet, le reste correspond au matériau qui a été remanié lors de la réalisation du sondage. Déposer de nouveau la carotte dans l'ordre correspondant. Répéter les opérations jusqu'à ce qu'on ne puisse plus creuser (roche atteinte, cailloux empêchant d'avancer, 120 cm atteint). Une fois le sondage réalisé, nous disposons, d'une vision d'ensemble du profil reconstitué. On enregistre la position géographique du point à l'aide d'un GPS. Décrire l'environnement du sondage (pente, orientation à l'aide la boussole, végétation...) et les différents horizons du profil reconstitué sur la fiche de terrain.



Figure 17 : Profil des sols de bas-fonds (Photo de l'auteur)

2.3.3.3. *Etudes faunistiques*

❖ Objectifs de l'inventaire

Les objectifs de cet inventaire sont multiples :

- Inventorier la macrofaune dans la monolithe de $30\text{ cm} \times 30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ de dimension ;
- Dénombrer les individus d'un même groupe ou éventuellement d'une même espèce ;
- Localiser les individus suivant leur distribution verticale ;
- Conserver quelques échantillons pour être identifiés.

❖ Technique d'inventaire

✓ Méthode d'échantillonnage :

Nous avons inspiré sur la technique d'inventaire de la macrofaune proposée par INGRAM et ANDERSON en 1993. Autour de la fosse pédologique, tracer une parcelle de terrain de $20\text{ m} \times 15\text{ m}$; à l'intérieur de laquelle trois lignes de trois échantillons alignés et espacés de 5m chacune avec une direction choisie au hasard, sont prélevées. Pour éclaircir, on a schématisé cette méthode dans la figure 18 ci-après.

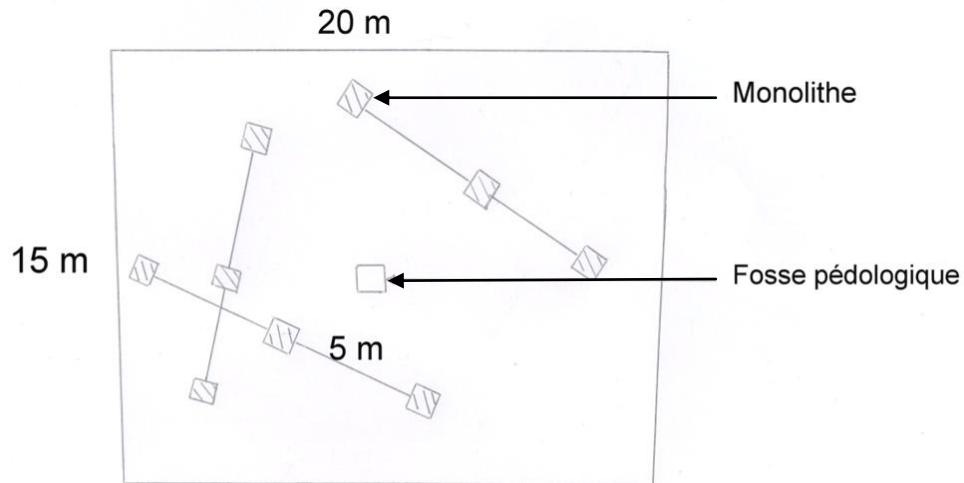


Figure 18 : Disposition des monolithes et fosse pédologique dans une parcelle

Les organismes à la surface du sol ont été d'abord récoltés [33] puis le prélèvement s'est fait tous les 10cm jusqu'à 30cm de profondeur. La fouille de chaque prélèvement a été effectuée manuellement. Le dénombrement des édaphons est enregistré sur une fiche ; et pour l'identification, conserver 3 ou 4 échantillons dans un flacon contenant de l'alcool à 70°.

✓ Paramètres étudiés

- **Abondance et densité** : l'abondance indique l'aspect quantitatif de la faune, c'est-à-dire le nombre total d'individus collectés dans une parcelle, et la densité est le nombre moyen d'individus par unité de surface.

$$\text{Densité} = \frac{\text{nombre moyen d'individus}}{\text{surface de prélèvement}}$$

- **Diversité et composition** : A côté de l'aspect quantitatif, il est nécessaire pour la comparaison des biotopes de tenir aussi compte l'aspect qualitatif, et notamment de sa diversité [2].
 - Indice de SHANNON-WAEVER (H) : C'est un indice permettant de mesurer la biodiversité : [1]

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i \times \log_2(P_i)$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce ou un taxon du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce (ou taxon) i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$$p(i) = \frac{n_i}{N}$$

Où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (les individus de toutes les espèces).

H' est nul quand un seul groupe est représenté et sa valeur est maximale (pas de valeur limite) quand tous les groupes ont la même abondance.

- Indice d'équitabilité ou de régularité (E) : permettant de mesurer la répartition des différents taxons. L'objectif étant d'observer l'équilibre des populations présentes [28]. Il est déterminé par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

H' : Indice de Shannon

S : nombre total de taxa rencontrés sur la parcelle

Si cette valeur tend vers 0 c'est-à-dire qu'un taxon domine largement un peuplement. Si E est égale à 1, c'est-à-dire que tous les groupes sont équitablement répartis.

2.4. Analyses au laboratoire

2.4.1. Sol

L'analyse a été réalisée au laboratoire de Pédologie Tsimbazaza. Faute de moyen financier, nous n'avons pas pu faire toutes les analyses, mais celles qu'on a jugé important sont effectuées dont : pH, Azote Kjeldahl, Carbones organiques, Capacité d'échange cationique, granulométrie.

Avant chaque analyse, l'échantillon des sols est préparé préalablement. Cette action consiste à sécher à l'air, tamiser, broyer, et conserver l'échantillon dans un sachet portant la référence.

2.4.1.1. pH

Le potentiel d'Hydrogène (quelques fois appelé pouvoir ou puissance d'Hydrogène), mesuré par un pH-mètre, est une grandeur mesurant la concentration des ions Hydrogènes dans une solution. Il indique l'acidité ou la basicité d'un milieu. La mesure du pH, constitue le test le plus sensible des modifications survenant dans l'évolution d'un sol [13], peut varier de 2 à 10 [7]. Les étapes utilisées pour déterminer le pH du sol suivent l'ordre suivant :

- Pesaer 25g du sol séché à l'air dans un bécher de 50ml ;
- Ajouter 25ml d'eau distillée ;
- Laisser en contact pendant 30mn en agitant de temps en temps à l'aide d'une baguette de verre. Après étalonnage du pH-mètre, introduire avec précaution l'électrode dans la suspension et lire le pH.



Figure 19 : Mesure du pH (à gauche) et de la CEC (Photo de l'auteur)

2.4.1.2. Matières organiques (C et N)

Carbone :

Le taux de Carbone organique permet d'obtenir celui de la matière organique par la formule simplifiée suivante :

$$\boxed{M.O = C \times 1,72}$$

Avec : M.O : le taux de la matière organique exprimé en %

C : taux du Carbone, en %

La procédure utilisée pour quantifier le Carbone organique au laboratoire est la suivante :

Pesaer à peu près 0,1 g de sol de diamètre 0,5 mm et noter le poids exact. Le transférer dans un erlenmeyer de 250 ml. Ajouter 10 ml de bichromate de potassium 1N et faire tournoyer l'erlenmeyer pour faire disperser le sol dans la solution. Ajouter rapidement 20 ml de H₂SO₄ concentré. Tournoyer l'erlenmeyer puis agiter vigoureusement pendant 1 mn. Laisser reposer pendant 30 mn. Ajouter 200 ml d'eau distillée. Ajouter 4 gouttes d'orthophénantroline et titrer la solution avec FeSO₄ à 0,5N. La fin de la réaction s'observe par le virage d'une coloration verte intense au rouge violacée. Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

$$\text{Carbone organique} = \frac{(Nox.Vox - Nred.Vred) \times 0,39}{\text{Masse du sol}}$$

Azote Kjeldahl :

Le mode opératoire pouvant quantifier l’Azote organique dans une matière se fait en deux étapes :

- Minéralisation de l’Azote organique : Introduire successivement 1 g de sol à 0,5 mm de diamètre, un catalyseur minéralisation et 10 ml d’H₂SO₄ concentré, dans un tube de digestion. Chauffer fortement (environ 430 °C) pendant 30 mn. Après refroidissement, transvaser le contenu du tube de digestion dans une fiole de 50 ml. Ajuster au trait de jauge avec de l’eau distillée.
- Distillation de l’Azote : Dans l’appareil à distillation, introduire 10 ml de la prise d’essai et 10 ml de la solution de soude. Recueillir le distillat dans un erlenmeyer de 125 ml contenant 50 ml de la solution d’acide borique. Effectuer le dosage avec la solution d’acide sulfurique. Un témoin est préparé dans les mêmes conditions.

$$\boxed{\text{Azote (\%)} = V \times 0,07}$$

Avec V : La quantité d’acide pour neutraliser la solution

2.4.1.3. Capacité d’échange cationique

Exprimée en méq/100 g, la CEC d'un sol est la quantité de cations que ce sol peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné. Après l'extraction des bases échangeables, le sol est saturé de NH₄⁺. On enlève les sels d'ammonium libre, puis on procède à l'extraction de NH₄⁺ ainsi adsorbé par une solution molaire de NaCl. Le contenu de l'entonnoir sert à la détermination de la capacité de la CEC. Ajouter 50 ml de la solution d'éthanol 60 % dans l'entonnoir. Récupérer le filtrat dans un erlenmeyer de 125 ml. Après le lessivage par la solution d'éthanol, ajouter ensuite la solution de NaCl dans l'entonnoir. Récupérer le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Continuer cette opération jusqu'à l'obtention d'un volume de 100 ml. Dans l'appareil à distillation, introduire 10 ml du filtrat et 5 ml 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.

2.4.1.4. Granulométrie

Selon le diamètre des particules du sol, 3 classes granulométriques sont distinguées :

- Les sables (fins de 50 à 200μ, grossiers de 200 μ à 2 mm) ;
- Les limons (fins de 2 à 20μ, grossiers de 20 à 50μ) ;
- La fraction argileuse, inférieure à 2 μ.

L'analyse granulométrique a pour but de quantifier pondéralement les particules minérales élémentaires cristallines groupées en classes, et de définir la texture ou la composition granulométrique des sols [7]. La sédimentation est le meilleur moyen de séparer par ordre de taille et de poids les divers constituants du sol [44]. Pour ce faire, peser 50 g de sol séché dans un bécher de 600 ml. Ajouter 50 ml d'hexamétaphosphate de sodium et 100 ml d'eau distillée. Bien mélanger et laisser au repos pendant une nuit (Figure 17). Agiter pendant 5 mn à l'aide d'un mixeur. Transvaser dans un cylindre de 11 et à l'aide de l'eau de rinçage, compléter le volume jusqu'au trait et laisser se reposer quelques minutes afin d'obtenir l'équilibre thermique avec le milieu ambiant. Boucher le cylindre et retourner vivement à plusieurs reprises pendant 1 mn. Laisser se reposer et déboucher. Après 40 secondes et 2 heures de repos, introduire le densimètre dans le liquide surnageant et faire la lecture. Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions. Après avoir calculé ces trois composants, la définition de la texture s'est faite avec le triangle de texture. (Cf. Annexe)



**Figure 20 : Mode opératoire de l'analyse granulométrique
(Photo de l'auteur)**

2.4.2. Faune

Parmi la faune collectée, les Coléoptères adultes ainsi que quelques espèces de Myriapodes ont été identifiées au laboratoire d'Entomologie Tsimbazaza. Des ouvrages sur la systématique des Invertébrés comme : « Zoologie systématique et biologie générale » de CHANTON R.L. (1963), « La vie animale dans le sol » de BACHELIER (1963) et « La faune des sols : son écologie et son action » (1978), « An Introduction to the study of Insects » de BORROR et al. (1976), BARNES R.S.K. et al. (1993) ont été utilisés pour identifier les autres invertébrés jusqu'au niveau taxonomique inférieure autant que possible.

2.5. Méthodologie d'analyse de données

2.5.1. Arrangement des données

Les données obtenues sur terrain ont été entrées dans le logiciel Excel 2007, et on a ensuite effectué des sommes, de calculs des densités et de pourcentages des résultats à partir de la formule standard existante dans le logiciel Excel 2007. Puis on a ressorti les graphes correspondants à chacun des résultats si besoin est (diagrammes, histogrammes et courbes). Pour les tests statistiques, on a utilisé le logiciel XLSTAT 2008.

2.5.2. Tests statistiques utilisés

Le choix de tests statistiques repose sur le type de variables étudiées dans l'hypothèse à vérifier.

2.5.2.1. Test de Spearman

Dans cette étude, les variables proviennent d'un petit échantillon ($N = 6$) étudié par la même méthode d'échantillonnage : méthode d'INGRAM et ANDERSON. Elles ne sont ni ordinaires, ni se distribuent de façon normale.

Ces caractéristiques requièrent l'application des tests statistiques non paramétriques. Par conséquent, le test de corrélation de Spearman, un test non paramétrique, semble le plus approprié pour tester la corrélation entre la teneur en matière organique du sol et l'effectif de la macrofaune. La corrélation peut être indépendante ou croissante ou décroissante pour une valeur de $\alpha < 0,05$ préalablement définie.

Il consiste à attribuer un rang selon la valeur de chacune des deux variables dans un ordre croissant. On obtient ainsi 2 rangs notés x_i et y_i . On calcule les différences entre les 2 rangs contigus, notée d_i ($d_i = x_i - y_i$). La somme des carrés de ces différences $\sum_{i=1}^n d_i^2$ sert à calculer le coefficient de corrélation de Spearman 'rs' selon la formule suivante :

$$rs = 1 - \frac{6}{n(n^2 - n)} \sum_{i=1}^n d_i^2$$

Le résultat de ce coefficient, variant entre +1 et -1, est comparé avec les valeurs de **rs** qui figurent dans la table de Spearman avec un risque $\alpha = 0,05$ et pour la valeur de N correspondante. Si le coefficient **rs** est supérieur à la valeur dans la table, les deux variables sont corrélées, dans le sens contraire, elles ne le sont pas.

Ce coefficient varie entre -1 et +1 :

- Si **rs** est proche de 0, il n'y a pas de corrélation entre les variables ;
- Si **rs** est proche de +1, alors la corrélation entre les 2 variables est parfaite et positive ;
- Si **rs** est proche de -1, alors la corrélation entre les 2 variables est parfaite et négative.

2.5.2.2. Test de Khi-deux

Le test d'indépendance de Khi-deux est utilisé pour déterminer l'indépendance de deux variables qualitatives non appariées observées sur un ou plusieurs échantillons indépendants. Son principe est de formuler avant la réalisation des étapes de calcul deux hypothèses :

- hypothèse H_0 stipule que les variables considérées sont indépendantes l'une de l'autre,
- hypothèse H_1 dit qu'elles sont liées au seuil de risque α fixé.

Le Chi-carré calculé ou χ_c^2 est obtenu par la formule suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^C \frac{(A_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Où

- A_{ij} : la fréquence observée de la $i^{\text{ème}}$ ligne et la $j^{\text{ème}}$ colonne.
- E_{ij} : la fréquence théorique dans la $i^{\text{ème}}$ ligne et la $j^{\text{ème}}$ colonne.
- I : le nombre de lignes
- C : le nombre de colonnes.

La valeur de χ_c^2 calculée est à comparer avec celle de la théorique de la table de χ^2 avec un degré de liberté noté d.d.l. = $(I - 1)(C - 1)$ et avec un seuil de risque « α » à fixer d'avance.

Si χ_c^2 calculé est supérieur à χ^2 théorique alors on rejette l'hypothèse nulle H_0 et on accepte l'hypothèse H_1 . Dans le cas contraire, on accepte H_0 et on rejette H_1 au seuil de risque α fixé.

Ce test est utilisé pour déterminer l'existence ou non d'une différence significative de la densité des familles de la macrofaune selon les milieux de vie.

2.5.2.3. Test de Wilcoxon

Ce test non paramétrique est utilisable autant pour les variables quantitatives que qualitatives. Il permet de tester si 2 échantillons liés peuvent être considérés comme appartenant à une même population ou non. En d'autres termes, il consiste à déterminer la constance de la distribution d'une ou plusieurs variables dans différentes situations. Son principe est d'avancer avant la réalisation des étapes de calcul deux hypothèses :

- Hypothèse H_0 stipule que les variables considérées présentent une même distribution ;
- Hypothèse H_1 dit que les variables varient entre les 2 échantillons.

On peut décider de rejeter H_0 si la p-value est inférieure au seuil de signification $\alpha = 5\%$.

On dispose de tables qui donnent les probabilités relatives à W pour les valeurs n_1 et n_2 des tailles d'échantillons inférieures ou égales à 6. Ces tables sont faites pour la statistique U de Mann-Whitney, qui compte, non pas la somme des rangs des sujets du groupe I, mais la somme des dépassements des sujets de l'autre groupe (II), donc :

$$W = U + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2}$$

Ce test a été utilisé dans notre étude pour comparer la distribution verticale des groupes de la macrofaune.

2.6. Limites et contraintes de l'étude

Ce présent mémoire est limité par des facteurs suivants :

- Facteurs temps : la descente sur terrain est relativement brève, d'où peu d'échantillonnage qui ne peut-être pas représentatif. Cette descente aussi est réalisée en une seule période, d'où risque de variations des résultats sur la faune.
- Moyens financiers : l'insuffisance de budget implique la réduction des analyses faites au laboratoire pour les sols, d'où l'insuffisance des résultats.
- Autres contraintes : Identification très incomplète de la Macrofaune, d'où difficulté lors de l'interprétation des résultats.

2.7. Synthèse de la démarche méthodologique

On peut résumer la méthodologie réalisée en 3 étapes successives :

- Etude avant la descente sur terrain
 - Détermination du sujet ;
 - Etude bibliographique et webographique ;
 - Etude cartographique
- Etude durant la descente sur terrain
 - Etude descriptive des sols et échantillonnage ;
 - Inventaire faunistique et échantillonnage ;
 - Collectes des données monographiques
- Etude après terrain
 - Analyse chimique des sols ;
 - Détermination et classification de la Macrofaune ;
 - Traitement des données et rédaction

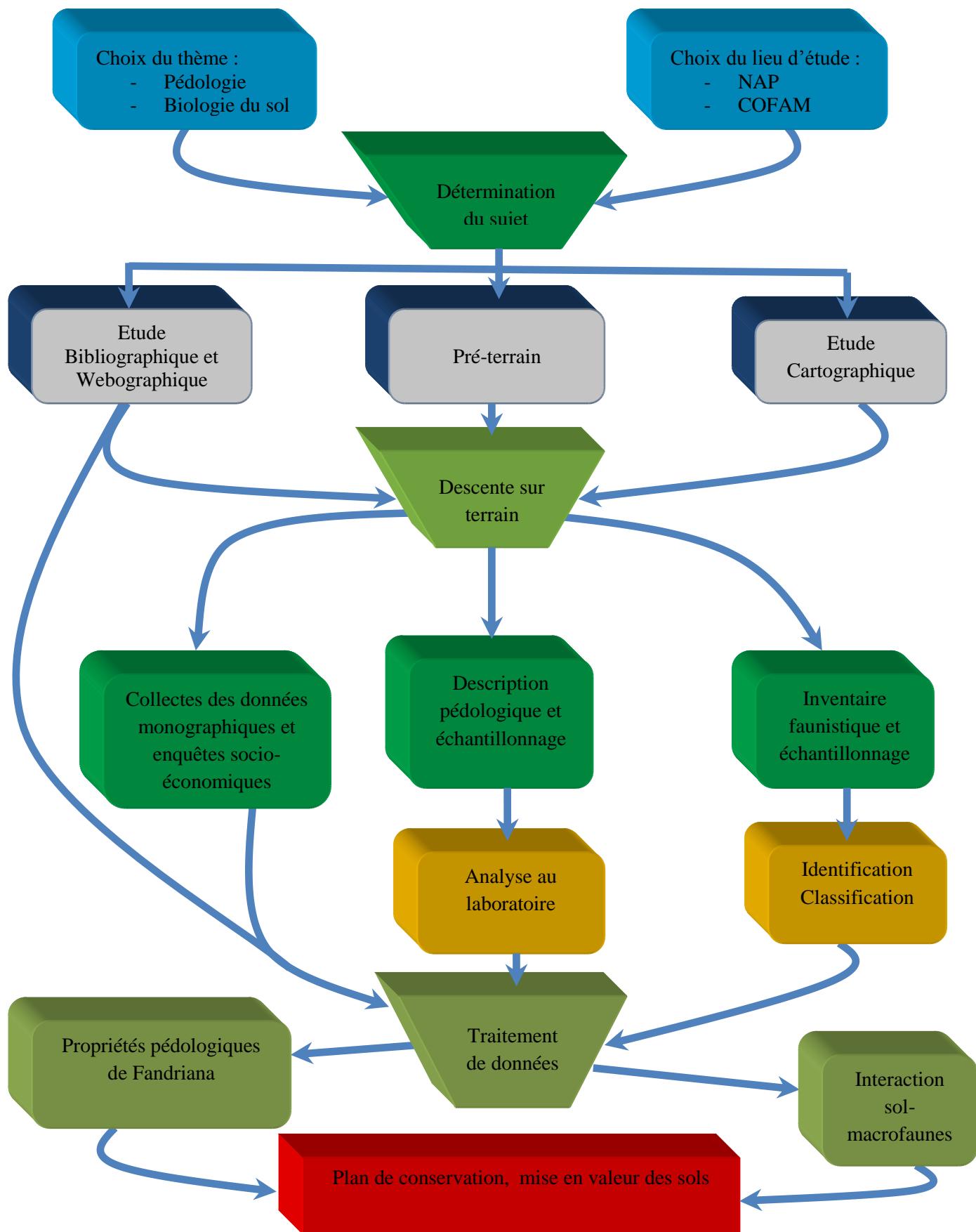


Figure 21 : Synthèse de la démarche méthodologique

L'organigramme ci-dessus (Figure 21) nous illustre les différentes démarches méthodologiques de ce présent mémoire.

Nous avons vu que la méthodologie adoptée s'est faite en trois étapes, nous allons voir les résultats et les analyses pédologiques, l'inventaire faunistique et l'interaction sol-faune.

PARTIE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Dans cette partie, nous allons aborder les trois points suivants :

- Le premier portant sur les caractéristiques morphologiques et analytiques des sols ;
- Le second traitant l'inventaire de la macrofaune à l'intérieur des sols étudiés ;
- Le troisième axé sur l'interaction ou non entre la macrofaune et les propriétés physico-chimiques des sols.

3.1. Etude descriptive et analytique des sols

Les prospections ont été réalisées à l'intérieur de la zone forestière naturelle (Profils MMS1, ILS1 et ARS1) et de celle de l'endroit dégradé (Profils MMS2, ILS2 et ARS2). Ici, notre tâche vise une étude comparative de ces deux types de sols.

Limité par le moyen financier, les analyses chimiques au laboratoire se focalisent seulement sur la couche 2 de chaque profil. Les choix de l'échantillonnage sont définis par les critères suivants :

- Choisir l'horizon où demeurent le plus de macrofaune ;
- Echantillonner des horizons des milieux dégradés ainsi que ceux de forêts.

3.1.1. Sols de Manesimiorika

3.1.1.1. Profil MMS1

Emplacement du profil : sous forêt, terrain en pente forte (25%) plongé vers l'Ouest

Situation : partie sommitale d'un versant

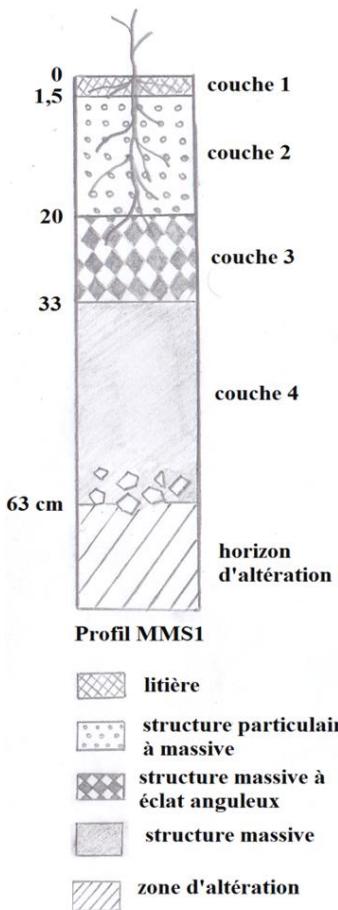
Localisation : Altitude : 1 790 m ;

Latitude : 20° 04' 54.8'' Sud ;

Longitude : 47° 37' 43.6'' Est.

Végétation : Forêt dense humide de moyenne altitude composée essentiellement de *Canthium* sp. (Fantsik'ahitra), *Allophylus cobbe* (Karambito) et *Pauridiantha* sp. (Voafotsimbar).

Morphologie :



Couche 1 : Couche d'épaisseur entre 1,25 à 1,5 cm d'humus brut, de couleur brune jaunâtre foncée 10 YR 3/6 en général, forte activité biologique.

Couche 2 : Couche d'épaisseur entre 15 à 20 cm, de couleur brune vive 7,5 YR 3/4, les matières organiques sont légèrement décomposées. Forte activité biologique, structure particulière à massive, texture limono-argileuse, bonne porosité et perméabilité, enracinement très marqué.

Couche 3 : Couche de couleur brune vive 7,5 YR 5/6 dont d'épaisseur atteint 13 cm, matières organiques décomposées, texture argilo-limoneuse, structure massive à éclat polyédriques, bonne porosité et perméabilité, activité biologique et enracinement moyennement marqué.

Couche 4 : Couche de couleur jaune rougeâtre 7,5 YR 6/6, d'épaisseur plus de 30 cm environ, peu d'activité biologique, de texture argilo-limoneuse, et de structure massive, présence de concrétion des quartzites à hématite à partir de 60 cm, présence des taches rouges marquant l'altération des minéraux d'hématite.

Caractères analytiques :

Sol de pH à 4,70 c'est un sol légèrement acide; la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 41%, Limon égal à 22 et argile à 37 %) c'est une couche à texture limono-argileuse ; La teneur en Carbone organique est égale à 52, 10 % et l'Azote organique est à 2,33%. La capacité d'échange cationique est égale à 22 méq%.

Type de sol :

Nous avons utilisé la classification adoptée par la section de Pédologie de l'ORSTOM ainsi, les sols sont classés parmi les « Sols à sesquioxides et matières organiques rapidement minéralisées », sous classe « Sols ferrallitiques » et groupes de « Sols ferrallitiques humifères ».

3.1.1.2. Profil MMS2

Emplacement du profil : terrain en pente forte (30%) plongé vers l'Ouest

Situation : milieu d'un versant

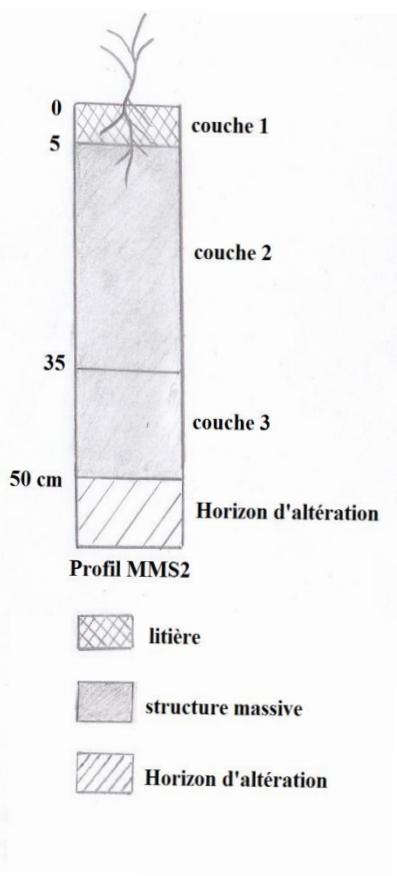
Localisation : Altitude : 1 461 m ;

Latitude : 20° 04' 47,1'' Sud ;

Longitude : 47° 38' 17,7'' Est

Végétation : formation herbacée à *Helychrisum* sp. (ahipotsy), *Buddleia axillaris* (sevafotsy) et *Psiadia* sp. (dingadingana).

Morphologie :



Couche 1 : Couche d'humus brut d'épaisseur 5 cm au plus, de couleur brune vive 7,5 YR 3/4, à activité biologique moyenne.

Couche 2 : Couche de couleur brune vive 7,5 YR 4/6 d'épaisseur environ 31 cm, matières organiques décomposées, structure massive, forte activité biologique, texture argilo-limoneuse, bonne porosité et perméabilité, peu d'enracinement.

Couche 3 : Couche à une épaisseur de 15 cm, de couleur rouge jaunâtre 5 YR 5/8, matières organiques nettement décomposées, structure massive, texture argilo-limoneuse, bonne porosité et perméabilité, activité biologique et enracinement moyennement marqué et existence des taches rouges et des éléments grossiers de couleur rouge.

Caractéristiques analytiques :

Sol de pH à 4,85 ; c'est un sol légèrement acide, la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 38%, Limon égal à 23% et argile à 39 %) c'est une couche à texture limono-argileuse. La teneur en Carbone organique est égale à 34,530 % et l'Azote organique est à 1,523%. La capacité d'échange cationique est égale à 21 meq%.

Type de sol : « Sols ferrallitiques humifères »

3.1.1.3. Conclusion partielle

D'après l'étude descriptive des deux profils, on peut conclure que la couleur des horizons humifères est plus sombre à l'intérieur de la zone forestière qu'à l'endroit dégradé ; ce serait dû à la forte teneur en matière organique dans ce milieu. Cette hypothèse est confirmée par l'analyse chimique indiquant la faiblesse de la teneur en matière organique dans le sol dégradé.

3.1.2. Sols d'Ilemonga

3.1.2.1. Profil ILS1

Emplacement du profil : Sous forêt, terrain exposé sur une pente de 30° plongée vers l'Est.

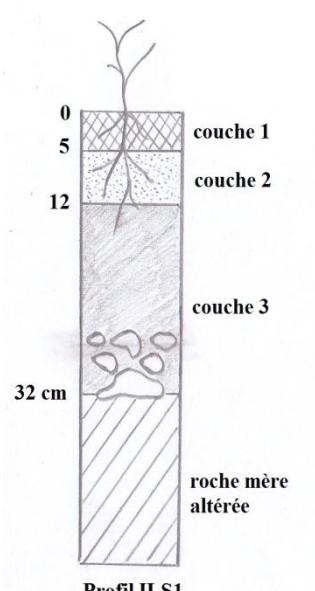
Situation : Partie sommitale d'un versant

Localisation : Altitude : 1 742 m ;
 Latitude : 20° 05' 19,4'' Sud ;
 Longitude : 47° 39' 11,2'' Est

Végétation : La végétation climacique est la forêt dense humide sempervirente avec la dominance de *Cuphocarpus* sp. (Vatsilana), *Polyscias* sp. (vatsilana) et *Canthium* sp. (Fantsik'ahitra).

Roche mère : composée de série gneissique et des quartzites faiblement altérés et décomposés.

Morphologie :



Couche 1 : Couche épaisse d'humus brut environ de 5 cm au plus, de couleur rouge sombre 2,5 YR 3/2, à forte activité biologique.

Couche 2 : Mince couche à matières organiques décomposées de couleur rouge sombre 2,5 YR 3/2 d'épaisseur entre 7cm, structure particulière, forte activité biologique, texture limono-argileuse, bonne porosité et perméabilité, enracinement important.

Couche 3 : Couche à une épaisseur de 20 cm, de couleur brune vive 7,5 YR 4/6, matières organiques nettement décomposées, structure massive, texture limono-argileuse, bonne porosité et perméabilité, activité biologique et enracinement moyennement marqué, présence des cuirasses ferrugineuses à 34 cm.

littière

structure particulière à massive

structure massive

horizon d'altération

Caractéristiques analytiques :

Sol de pH 4,70 ; c'est un sol légèrement acide, la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 39%, Limon égal à 26% et argile à 35 %) c'est une couche ayant une texture limono-argileuse ; La teneur en Carbone organique est égale à 15,450‰ et l'Azote organique est à 0,763‰. Ce profil est pauvre en matière organique. La capacité d'échange cationique est égale à 22 meq%.

Type de sol : « Sols ferralitiques humifères »

3.1.2.2. Profil ILS2

Emplacement du profil : terrain en pente moyenne (20%), plongée vers l'Ouest

Situation : en amont d'un versant

Localisation : Altitude : 1 730 m ;

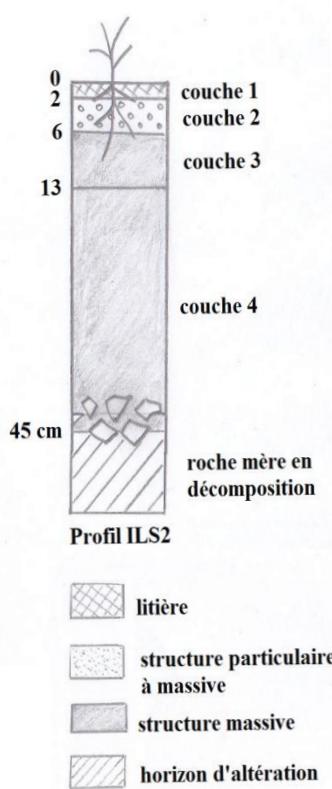
Latitude : 20° 05' 17,5'' Sud ;

Longitude : 47° 39' 05,2'' Est

Végétation : La végétation dominante est une formation herbeuse à base de *Solanum* sp. (seva), *Helichrysum* sp. (ahipotsy) et *Psiadia* sp. (dingadingana).

Roche mère : composée de série gneissique et des quartzites faiblement altérés et décomposés.

Morphologie :



Couche 1 : Mince couche d'humus brut mal décomposé environ de 2cm au plus, de couleur rouge sombre 2,5 YR 3/2.

Couche 2 : Couche de couleur rouge sombre 2,5 YR 3/2 d'épaisseur environ 4 cm, matières organiques décomposées, texture limono-sableuse, structure particulière à massive, forte activité biologique, bonne porosité et perméabilité, enracinement important.

Couche 3 : Couche de couleur brune à brune foncée 7,5 YR 4/2, d'épaisseur 7 cm, matières organiques nettement décomposées, texture limono-argileuse, structure massive, bonne porosité et perméabilité, activité biologique et enracinement moyennement marqué.

Couche 4 : Couche minérale de couleur brune vive 7,5 YR 4/6, d'épaisseur plus de 30 cm environ, de texture argilo-limoneuse, et de structure massive, présence de concrétion (éléments grossiers des quartzites à hématite), peu d'activité biologique.

Caractéristiques analytiques :

Sol de pH : 4,75 ; c'est un sol légèrement acide, la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 39%, Limon égal à 28% et argile à 33%) ; c'est une couche à texture limono-sableuse, la teneur en Carbone organique est égale à 7,750‰ et l'Azote organique est à 0,402‰ La capacité d'échange cationique est égale à 21 meq%.

Type de sol : « Sols ferralitiques humifères »

3.1.2.3. Conclusion partielle

On n'observe de différence significative entre ces deux profils dans leur couleur que dans leur structure. Mais l'analyse chimique annonce une nette supériorité de la teneur en matière organique dans le cas d'ILS1.

3.1.3. Sol d'Andohariana

3.1.3.1. Profil ARS1

Emplacement du profil : Sous forêt, terrain en pente forte 31°, plongée vers l'Ouest ;

Situation : au milieu d'un versant ;

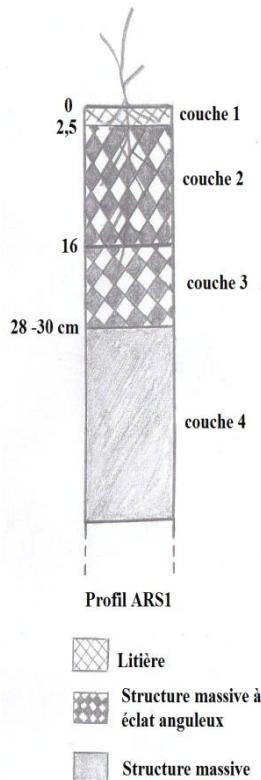
Localisation : Altitude : 1514 m ;

Latitude : 20° 20' 53,5'' Sud ;

Longitude : 47° 33' 28'' Est

Végétation : La formation végétale est la forêt dense humide sempervirente à base d'*Eugenia emirnensis* (rotra), *Dombeya bemarivensis* (Hafobalo) et *Cuphocarpus* sp. (Vatsilana).

Morphologie :



Couche 1 : Couche d'humus brut environ de 1 à 2,5 cm, de couleur brune jaunâtre foncée 10 YR 4/4, à forte activité biologique, transition nette, humidité moyenne, structure particulaire et texture limono-argileuse.

Couche 2 : Couche à matières organiques décomposées de couleur brune jaunâtre foncée 10 YR 3/6 d'épaisseur entre 14 à 15 cm, structure massive à éclat anguleux, forte activité biologique, texture limono-argileuse, bonne porosité et perméabilité, faible enracinement.

Couche 3 : Couche épaisse de 10 à 12 cm, de couleur brune jaunâtre foncée 10 YR 4/4, matières organiques nettement décomposées, structure massive à éclat anguleux, texture argilo-limoneuse, faible porosité et perméabilité, activité biologique et enracinement très peu marqué.

Couche 4 : Couche minéralisée de couleur brune jaunâtre 10 YR 5/7, à partir de 30 cm environ, de texture argilo-limoneuse, et de structure massive, peu d'activité biologique, présence de concrétion à hématite.

Caractéristiques analytiques :

Sol de pH : 4,85 ; c'est un sol légèrement acide, la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 39%, Limon égal à 23% et argile à 38 %) ; cette couche a une texture argilo-limoneuse, la teneur en Carbone organique est égale à 44,210‰ et l'Azote organique est à 1,760‰. La teneur en matière organique est relativement élevée. La capacité d'échange cationique est égale à 22 méq%.

Type de sol : « Sols ferralitiques humifères »

3.1.3.2. Profil ARS2

Emplacement du profil : terrain exposé sur une pente de 25% plongée vers l'Est ;

Situation : partie mi-versant ;

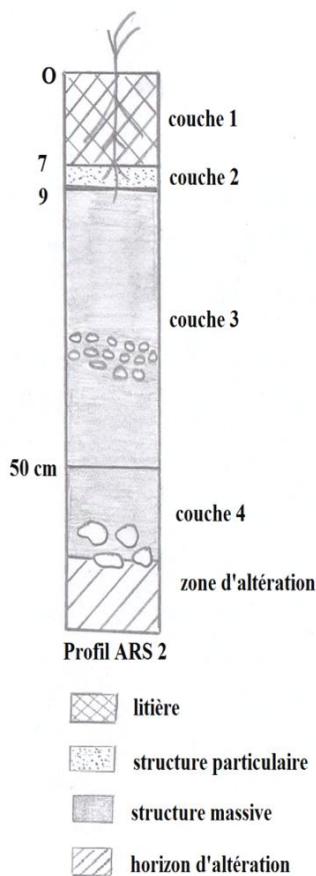
Localisation : Altitude : 1 461 m ;

Latitude : 20° 20' 47,2'' Sud ;

Longitude : 47° 33' 44,0'' Est

Végétation : La formation naturelle dégradée après l'incendie est occupée par une formation herbacée à *Phytolacca dodecandra* (anamamihazo).

Morphologie :



Couche 1 : Couche d'humus brut environ de 7 cm, de couleur rouge sombre 2,5 YR 3/2, faible humidité, consistance spongieuse.

Couche 2 : Mince couche à matières organiques décomposées de couleur brune rougeâtre foncée 5 YR 3/2, d'épaisseur entre 1,5 à 2 cm, structure particulaire, forte activité biologique, texture limono-argileuse, bonne porosité et perméabilité, enracinement moyen.

Couche 3 : Couche à une épaisseur de 35 à 45 cm, de couleur brune rougeâtre foncée 5 YR 3/3, matières organiques nettement décomposées, structure massive à éclat anguleux, de consistance rigide, texture limono-argileuse, porosité moyenne, activité biologique et enracinement moyennement marqué, présence de quelques concrétions de couleur rouge de diamètre 2 à 3 cm.

Couche 4 : Couche minéralisée de couleur jaunâtre 5 YR 4/6, à partir de 50 cm environ, de texture argilo-limoneuse, et de structure massive, peu d'activité biologique, présence de concrétion de cuirasses ferrugineuses.

Caractéristiques analytiques :

Sol de pH 4,85 légèrement acide ; la composition des éléments grossiers et fins est très variante (Sable égal à 38%, Limon égal à 23% et argile à 39 %), sa composition granulométrique indique qu'elle est argilo-limoneuse ; La teneur en Carbone organique est égale à 34,530 % et

l'Azote organique est à 1,523‰. Ce sol est moyennement riche en matière organique. La capacité d'échange cationique est égale à 21 méq%.

Type de sol : « Sols ferralitiques humifères »

3.1.3.3. Conclusion partielle

La couleur indique déjà la différence de la teneur en matière organique, Cette différence est confirmée par les résultats analytiques au laboratoire. L'analyse granulométrique et la structure indique aucune différence significative au sein de ces deux profils.

3.1.4. Etude comparative des principaux types des sols

D'après l'étude descriptive et l'analyse chimique, nous constatons que la couleur de l'horizon intermédiaire est claire par rapport à ses extrémités dont l'horizon humifère supérieur qui est sombre et est due à la forte teneur en matière organique et l'horizon minéral inférieur qui est plus vif en raison de la présence de fer et d'argile en provenance de la roche mère.

Vues les propriétés chimiques, on admet que le site Ilemonga (ILS) est pauvre chimiquement par rapport aux deux autres sites surtout en matière organique. Cette pauvreté serait due à la proximité de la roche mère ; d'où la surexploitation par des êtres vivants de cette mince couche pédologique, et la mal décomposition de la litière entraînant la pauvreté en matière organique. Le pH est constant, pour ces différents sites, il reste au voisinage de 4,75, le sol est donc légèrement acide. La figure 22 suivante nous montre la variation de la teneur en matière organique dans les sites d'étude.

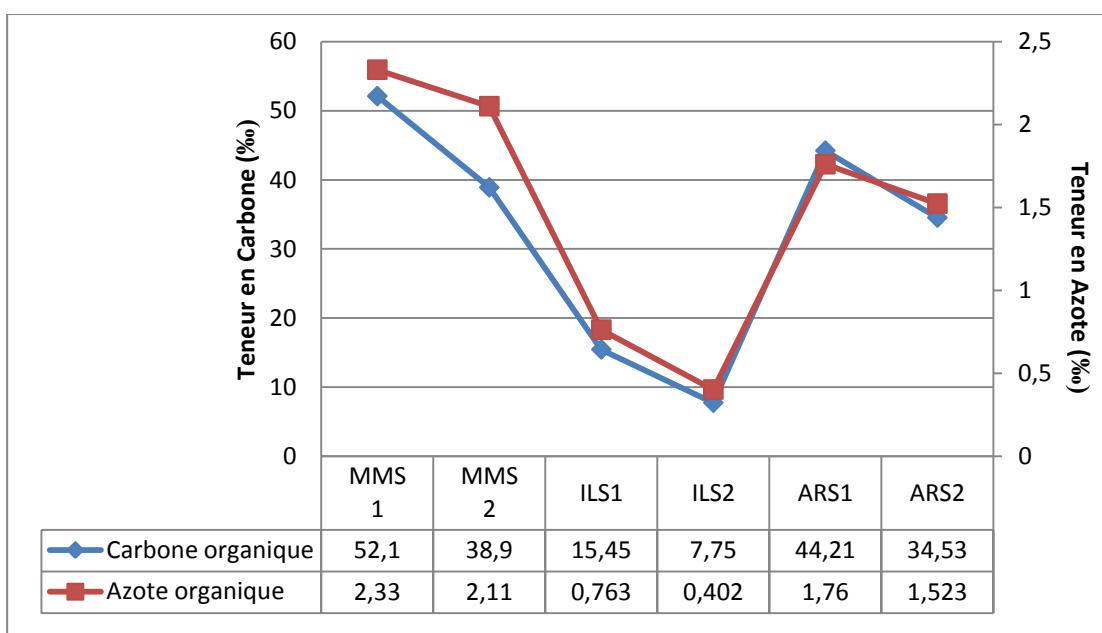


Figure 22 : Teneur en Carbone organique et Azote organique des profils prospectés

3.2. Inventaire de la macrofaune du sol

3.2.1. Abondance et densité

Au total, 540 macro-invertébrés ont été comptés dans les trois sites de prélèvement (Manesimiorika, Ilemonga et Ambatokaranana). En raison de leur effectif élevé, les fourmis et les termites ne sont pas considérés [33] mais cela n'empêche pas de signaler leur existence et leur abondance. Les groupes pris en compte dans l'analyse sont ceux qui ont un cumul d'au moins 3 ind/m² dans les zones d'étude [27].

En effet, l'endroit naturel abrite 344 individus soit 63,70 % contre celui de dégradé qui est évalué à 196 individus, soit 36,30 % de l'effectif total. Sous forêt naturelle, la densité moyenne vaut 141,56 ind/m² contre 80,66 ind/m² sous la zone dégradée.

Vue la difficulté lors de l'identification et la systématique, on a recours à catégoriser la macrofaune observée en 9 groupes taxonomiques [33]: Vers de terre, Coléoptères adultes, Coléoptères larves, Isopodes, Dermaptères, Araignées, Myriapodes, Blattes et Autres qui englobent toute autre macrofaune ayant un effectif supérieure à 3.

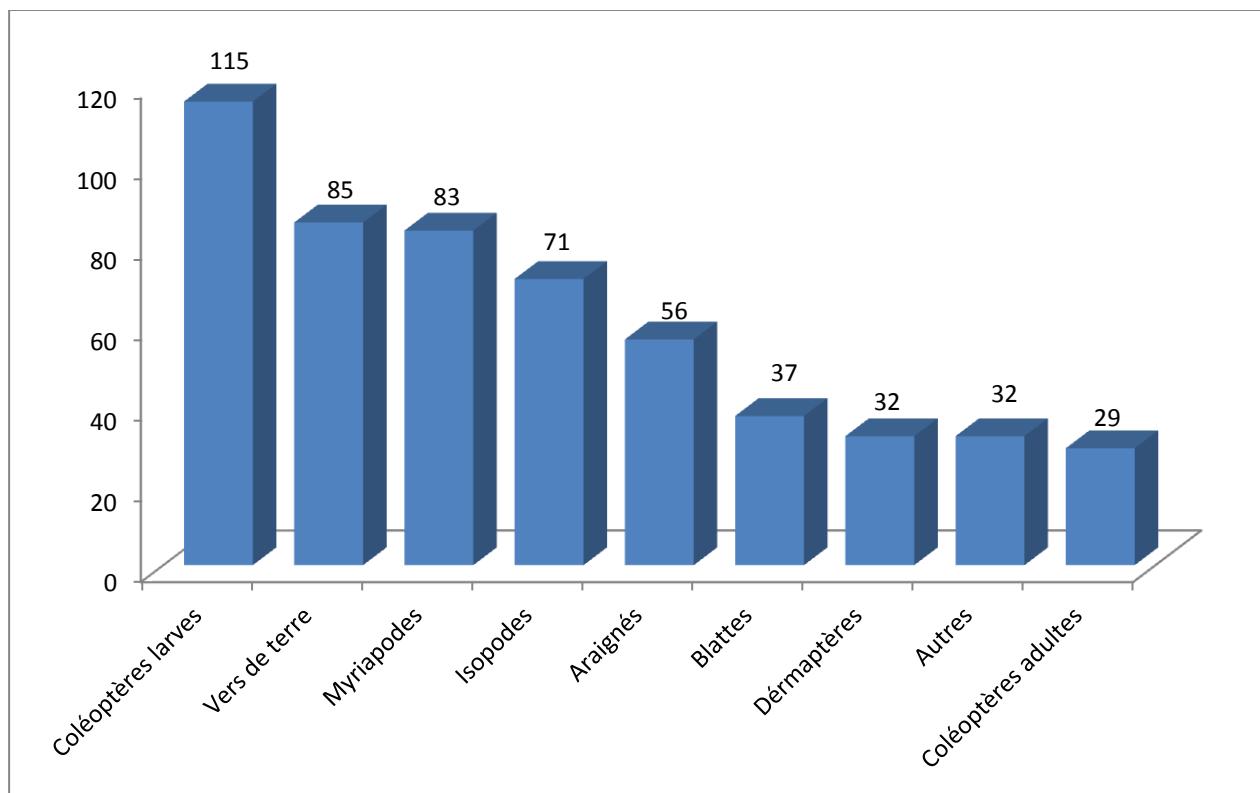


Figure 23 : Effectif de la macrofaune récoltée selon l'ordre d'abondance

La totalité de la macrofaune récoltée est dominée par les Coléoptères au stade larvaire ayant une proportion supérieure à 20%. Viennent ensuite les Vers de terre avec 85 individus soit 15,74% des macro-invertébrés. Les Myriapodes occupent la troisième place avec 83 individus collectés soit 15,37%. Le groupe des Isopodes représente 13,15% ; le groupe des Araignées devancent les Blattes,

ayant 10,37%. Le groupe « Autres », englobant les grillons, les Hyménoptères sauf les Fourmis et les Termites, atteint l'effectif 32 soit 5,93% devant les Dermaptères et Coléoptères adultes qui sont respectivement 5,93 et 5,37%.

Tableau I : Effectif, proportion et densité de la macrofaune

Groupe	Effectif total	Proportion (%)	Densité (ind/m ²)
Coléoptères larves	115	21,30	23,66
Vers de terre	85	15,74	17,49
Myriapodes	83	15,37	17,08
Isopodes	71	13,15	14,61
Araignées	56	10,37	11,52
Blattes	37	6,85	7,61
Dermaptères	32	5,93	6,58
Autres	32	5,93	6,58
Coléoptères adultes	29	5,37	5,97

Ce tableau nous montre la répartition des individus au sein des groupes taxonomiques. Les larves de Coléoptères sont au premier rang avec une densité 23,66 ind/m² alors que les adultes terminent la liste avec 5,97 ind/m². Ces nombres expliquent que notre descente sur terrain se coïncide au développement larvaire de la plupart des Coléoptères. Les vers de terre, les Myriapodes et les Isopodes ont respectivement une densité de 17,49 ; 17,08 et 14,61 ind/m².

3.2.2. Désignation taxonomique

Les 540 macro-invertébrés rencontrés appartiennent aux 2 Embranchements, 6 Classes, 14 Ordres, 23 Familles et 74 espèces. L'espèce est considérée ici, comme tous groupes d'individus morphologiquement identiques d'après les observations [27].

L'embranchement des Annélides est largement dominé par des Arthropodes qui représente 84,26% contre seulement 15,74%. Une seule classe et encore un seul ordre représente les vers annelés, c'est la classe des Oligochètes et l'ordre des Haplotaxida avec ses familles : Glossoscoloscidae : 28,21% et Lumbricidae : 71,79% des Annélides.

Chez les Arthropodes, la classe des Insectes est la mieux représentée avec 45,46% de l'effectif total contre les Crustacés (13,13%), Arachnida (10,25%), Chilopoda (7,59%) et Diplopoda (7,78%). Ce dernier n'a qu'un seul ordre (Julida) et une seule famille (Julidae). Les scolopendres sont les plus représentés (73,74% des Chilopoda) dans sa classe alors que les Géophiles (15,78%) et les Lithobies (10,45%) sont rares. Les Araignées appartiennent aux deux ordres Aranaeae et Solifuges, chacun ont 72,47% et 27,53% des Arachnides.

Tableau II : Proportion et désignation taxonomique de la macrofaune collectée

Embranchement	Classe	Ordre	Familles	Noms communs	Effectif	Proportion (%)
Annelida	Oligochaeta	Haplotauxida	Glossoscoloscidae	Vers de terre	24	4,44
			Lumbricidae	Vers de terre	61	11,30
			Larves			
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	coléoptères	115	21,30
			Carabidae	Carabe	8	1,43
			Tenebrionidae	Ténébrion	6	1,07
			Dynastidae	Heteronychus	6	1,07
			Scarabeidae	Scarabée	6	1,07
			Scolytidae	Scolyte	4	0,72
		Hymenoptera	Formicidae	Fourmi		
			Autres Hyménoptères	Non identifié	15	2,87
		Dermaptera	Dermatidae	Non identifié	11	2,04
			Forficulidae	perce oreille	21	3,89
			Isoptera	Termitidae	termite	
			Dictyoptera	Blattidae	Blatte, cafard	37
		Orthoptera	Gryllidae	Grillon	17	3,15
			Porcellionidae	Cloporte	7	1,30
Crustacea	Isopoda	Divers Isopodes	Non identifié	64	11,83	
		Scolopendromorpha	Scolopendridae	Scolopendre	29	5,37
Chilopoda		Geophila	Geophilidae	Géophile	7	1,30
		Lithobida	Lithobiidae	Lithobie	5	0,93
		Julida	Julidae	Iule	42	7,78
Diplopoda	Arachnida	Araneae	Lucosidae	Araignée	14	2,51
			Divers Aranéens	Araignée	27	5,02
		Solifuges	divers Solifuges	Solifuge	15	2,72
					540	100,00

A l'intérieur de la classe dominante (Insecta), l'ordre des Coléoptères prédomine avec 58,64% des Insectes, et cet ordre se subdivise en 6 familles selon l'abondance suivante : Diverses coléoptères, Carabidae, Dynastidae, Tenebrionidae, Scarabidae, et Scolytidae. L'ordre des Dictyoptères suit les Coléoptères avec 15,07% et l'ordre des Dermaptères représente 13,04%, contenant 2 familles (Dermatidae et Forficulidae avec les proportions respectivement 34,40 et 65,60% des Dermaptères) et les Orthoptères, avec un seul ordre et une famille, sont seulement 6,93%. Enfin, les Hyménoptères terminent la liste avec une proportion de 6,31% des Insectes. Les autres classes sont figurées dans le tableau III suivant.

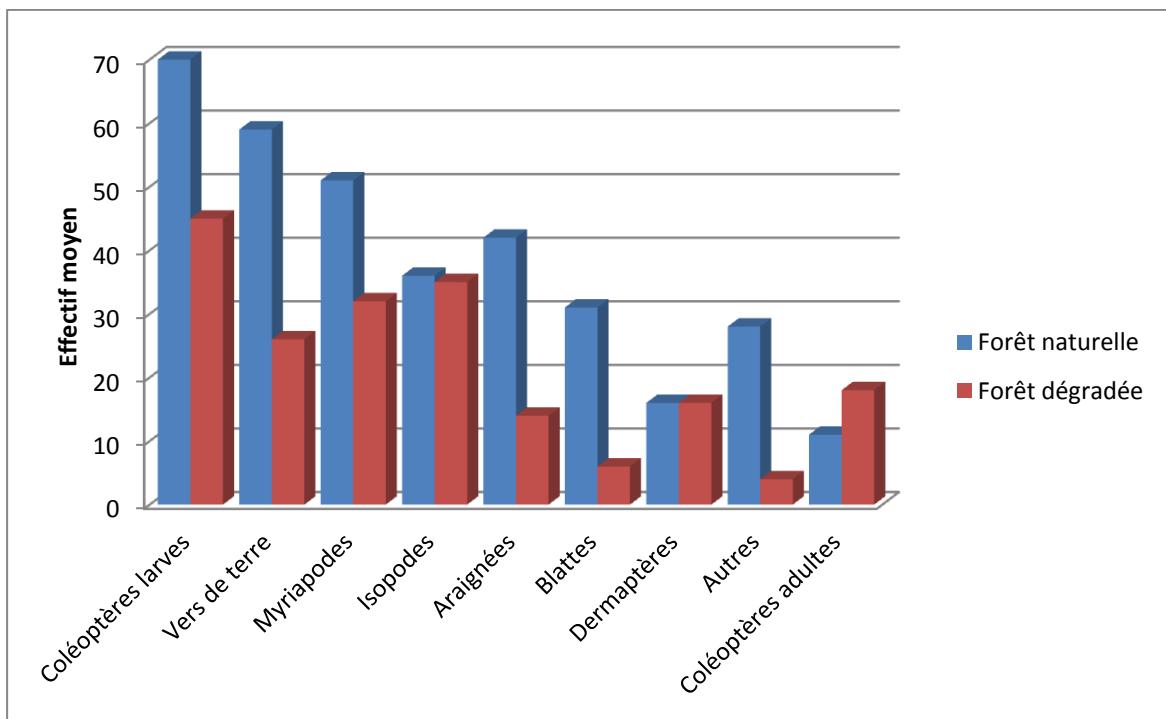
Tableau III : Distribution de la macrofaune suivant la classe

Classe	Effectif total	Densité moyenne (ind/m ²)	Proportion (%)
Insecta	245	101,02	45,46
Oligochaeta	85	34,98	15,74
Crustacea	71	29,18	13,13
Arachnida	55	22,78	10,25
Diplopoda	42	17,29	7,78
Chilopoda	41	16,87	7,59

3.2.3. Composition et diversité

3.2.3.1. *Suivant le milieu de vie*

La macrofaune extraite des milieux dégradés est comparée avec celle des milieux non dégradés. Tous groupes confondus, nous observons plus d'individus à l'intérieur des sols forestiers qu'à l'intérieur des sols dégradés.

**Figure 24 : Répartition de la macrofaune en fonction du milieu de vie**

Les sols de forêt abritent mieux la faune que ceux du dégradé mais les Coléoptères adultes en sont exceptées.

Tableau IV : Composition et désignation taxonomique de la macrofaune suivant leur milieu de vie

Embranchements	Classes	Ordres	Familles	Noms communs	Densité moyenne (ind/m ²)			
					Sol de forêt	Sol dégradé		
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Glossoscoloscidae	Vers de terre	6,87	3,23		
			Lumbricidae	Vers de terre	15,32	7,26		
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	Larves coléoptères	28,33	18,55		
			Carabidae	Carabe	1,35	2,42		
			Tenebrionidae	Ténébrion	0,94	1,61		
			Dynastidae	Heteronychus	0,94	1,61		
			Scarabeidae	Scarabée	0,94	1,61		
		Hymenoptera	Scolytidae	Scolyte	0,81	0,81		
			Formicidae	Fourmi				
			Autres					
			Hymenopteres	Non identifié	6,45	0		
			Dermatidae	Non identifié	0,89	3,23		
		Diptera	Forficulidae	perce oreille	5,35	3,23		
			Isoptera	Termitidae	termite			
			Dictyoptera	Blattidae	Blatte, cafard	13,71		
			Orthoptera	Gryllidae	Grillon	4,90		
			Crustacea	Isopoda	Porcellionidae	Cloporte	2,84	0
				Divers Isopodes	Non identifié	12,91	13,71	
Chilopoda		Scolopendromorpha	Scolopendridae	Scolopendre	7,81	4,04		
			Geophilida	Geophilidae	Géophile	1,88	0,81	
			Lithobiida	Lithobiidae	Lithobie	1,01	0,81	
Diplopoda	Julida	Julidae	Julidae	Iule	8,68	8,06		
Arachnida	Araneae		Lucosidae	Araignée	4,04	1,61		
			Divers Aranéen	Araignée	9,68	1,61		
	Solifuges		divers Solifuges	Solifuge	4,08	1,61		

Le test de Khi-deux, au seuil de risque 5%, degré de liberté 21, montre que la valeur de χ^2 observée : 33,49 est supérieure à celle de χ^2 théorique : 32,67 ; donc on accepte l'hypothèse alternative c'est-à-dire que l'effet milieu a une influence significative sur la densité des familles de la macrofaune.

Tableau V : Caractéristiques structurelles de la macrofaune suivant le milieu de vie

Niveau taxonomique	Milieu de vie	Indice de Shannon-Waever	Indice d'équitabilité (E)
Ordre	Forêt naturelle	3,26	0,88
	Endroit dégradé	2,90	0,78
Famille	Forêt naturelle	3,82	0,86
	Endroit dégradé	3,66	0,85

Quelque soit l'indice de diversité, celui-ci est toujours élevé sous-forêt naturelle. Au niveau de l'ordre, l'indice de diversité (de Shannon-Waever et d'équitabilité) est supérieur sous forêt mais par contre au niveau de la famille, l'indice d'équitabilité ne présente que très peu de différence. Pourtant, la différence est encore plus ample pour l'indice de Shannon-Waever.

3.2.3.2. Suivant les sites de prélèvement

Les résultats de l'inventaire faunistique sont représentés dans le tableau VI. Quelque soit la zone d'inventaire, le sol forestier contient abondamment des macro-invertébrés que celui du dégradé. Quantitativement, nous pouvons estimer que les sols sous la forêt naturelle offrent des conditions plus favorables à la macrofaune par rapport à des endroits dégradés.

Tableau VI : Composition et désignation taxonomique de la macrofaune

Embr.	Classe	Ordre	Familles	Effectif total					
				MMS1	MMS2	ILS1	ILS2	ARS1	ARS2
Annelida	Oligochaeta	Haplotauxida	Glossoscolecidae	3	0	10	4	8	0
			Lumbricidae	25	15	5	6	8	0
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Divers Coleoptera	26	10	5	12	39	23
			Carabidae	2	3	0	0	1	0
Crustacea	Isopoda	Hymenoptera	Tenebrionidae	2	1	0	1	0	1
			Dynastidae	1	1	1	1	0	0
			Scarabeidae	1	1	1	1	0	0
			Scolytidae	1	3	1	0	0	0
			Formicidae						
			Autres						
			Hyménoptères	0	0	8	0	10	3
			Dermatidae	0	0	0	8	2	0
			Forficulidae	10	6	3	2	2	0
			Isoptera						
			Termitidae						
			Dictyoptera	8	2	7	0	16	4
			Orthoptera	0	0	0	0	10	4
			Porcellionidae	3	3	0	0	0	0
			Divers Isopodes	4	23	2	8	27	4
			Scolopendromorpha						
			Scolopendridae	7	3	11	4	4	0
			Geophila	3	0	3	1	4	1
			Lithobiida	0	0	0	0	2	2
			Julida	7	8	8	8	6	4
			Araneae						
			Lucosidae	0	0	0	2	10	2
			Divers Aranéen	3	2	8	2	12	0
			Solifuges						
			divers Solifuges	2	0	0	2	8	4
				108	82	73	60	166	51

Les résultats qualitatifs des prélevées faunistiques sont récapitulés dans le tableau VII ci-dessous

Tableau VII : Caractéristiques structurelles de la macrofaune suivant les sites de prélèvement

Site de prélèvement	Famille		Ordre	
	Indice de Shannon	Indice d'équitabilité	Indice de Shannon	Indice d'équitabilité
MMS1 MMS2	3,35	0,75	2,78	0,75
	3,22	0,72	2,56	0,69
ILS1 ILS2	3,48	0,78	3,12	0,84
	3,46	0,78	2,95	0,8
ARS1 ARS2	3,58	0,8	3,25	0,88
	2,75	0,62	2,64	0,71

Les indices de diversité varient énormément aux niveaux taxonomiques qu’aux localités. Les indices sont toujours élevés pour les zones forestières. Ce milieu est donc riche en espèces et que la macrofaune y est équitablement repartie par rapport à l’endroit dégradé. La différence est la plus ample pour le cas d’ARS, où on ne trouve que 11 familles dans la parcelle ARS2 parmi les 23 rencontrées.

3.2.4. Distribution verticale

La distribution verticale, c'est-à-dire la densité de la faune en fonction de la profondeur du sol, a été identifiée comme un indicateur de la perturbation du milieu [26]. On distingue 4 profondeurs différentes à savoir la litière, et les 3 premiers 10 cm du sol.

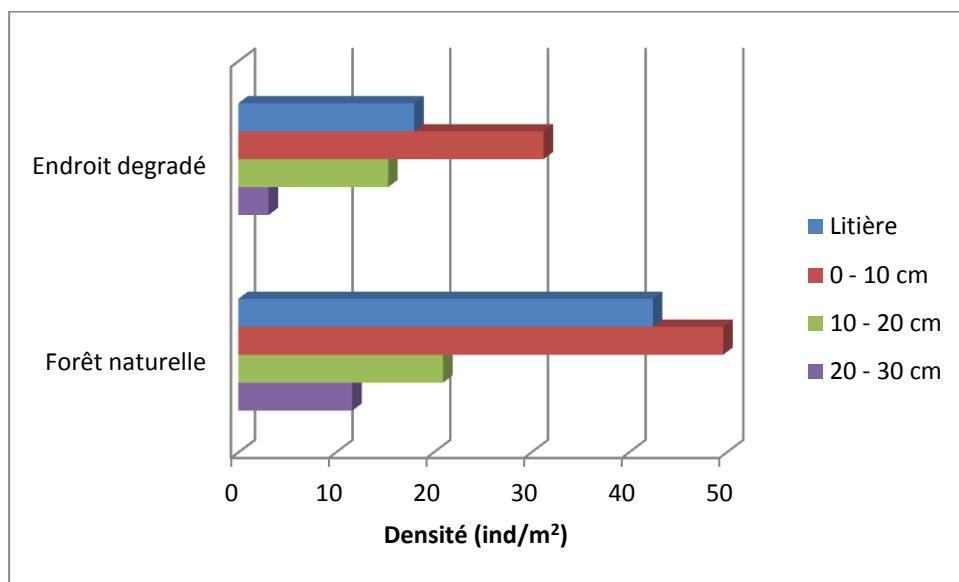


Figure 25 : Distribution verticale de la macrofaune

A toutes profondeurs confondues, les sols forestiers sont plus abrités que ceux des endroits dégradés. La grande majorité des macro-invertébrés provient de la couche sol qui a fourni 71,64% des effectifs totaux contre 28,36% issus de la litière. Les dix premiers centimètres de la couche sol sont les plus prospectés par la faune avec 41,48% dans les deux types de milieu ; et sa proportion diminue quand la profondeur augmente. La litière et la deuxième couche du sol contiennent la même proportion de la faune à l’issu de l’endroit dégradé. D’après le test de Wilcoxon, avec un $\alpha = 0,05$ et $N = 4$, on rejette l’hypothèse nulle et on prend l’hypothèse alternative c'est-à-dire que la distribution verticale de la macrofaune est différente au sein de la forêt dégradée et vierge.

3.2.4.1. Larves des coléoptères

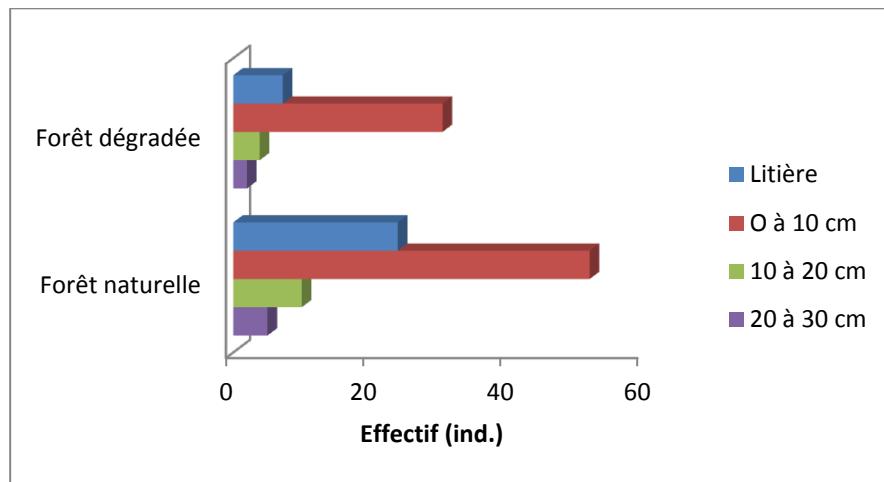


Figure 26 : Distribution verticale des larves de Coléoptères

Les larves de Coléoptères se rencontrent dans toutes les profondeurs, mais elles demeurent principalement dans les dix premiers centimètres du sol. La majorité des larves se nourrit de débris végétaux, aussi les horizons les plus riches en ces larves sont-ils les horizons de décomposition de la litière et les horizons humifères. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,625 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des larves de coléoptères n'est pas significativement différente au sein de ces zones.

3.2.4.2. Isopodes

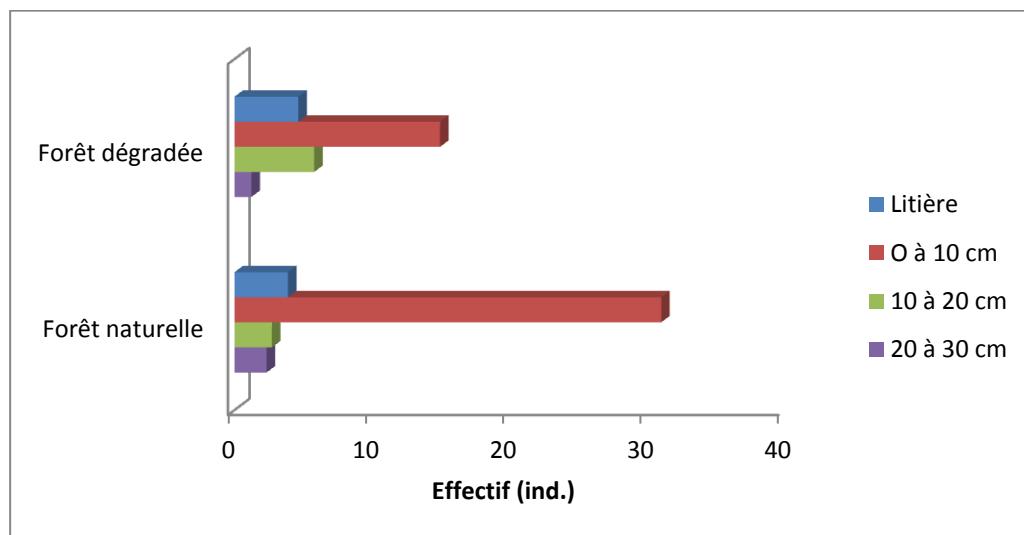


Figure 27 : Distribution verticale des Isopodes

Les Isopodes ont la même préférence que les larves de Coléoptères sur la colonisation des horizons. L'horizon le mieux prospecté est le premier horizon du sol. Avec $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée : 0,87 est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; d'après le test de

Wilcoxon donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des Isopodes n'est pas significativement différente au sein de forêt vierge et dégradée.

3.2.4.3. Myriapodes

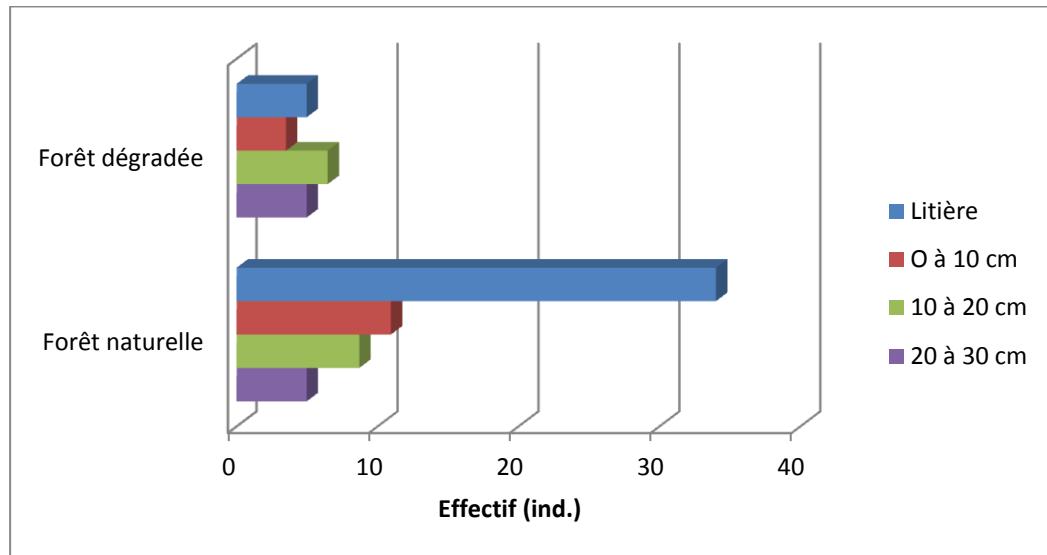


Figure 28 : Distribution verticale des Myriapodes

Les myriapodes se repartissent presque uniformément dans l'endroit dégradé alors qu'ils colonisent majoritairement la litière sous-forêt. Les myriapodes se rencontrent dans les litières et les abris de surface, car ils ne peuvent creuser et ils craignent une immersion prolongée [2]. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,25 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des Myriapodes n'est pas significativement différente au sein de ces zones.

3.2.4.4. Vers de terre

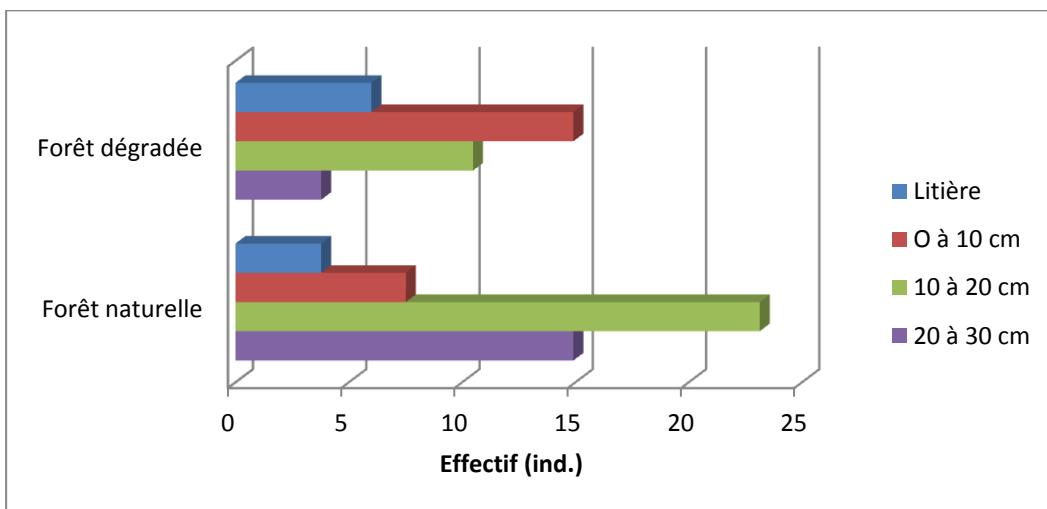


Figure 29 : Distribution verticale des vers de terre

Les vers de terre se repartissent dans tous les horizons mais ils présentent une certaine préférence avec les horizons et le milieu. Ils sont localisés en majorité dans l'horizon 0 – 10 cm pour l'endroit dégradé alors que sous-forêt, ils se rencontrent dans les horizons inférieurs (10 à 30 cm) car il est vérifié que quand les sols se dessèchent, les vers de terre s'ils ne meurent, s'enfoncent dans le sol [3]. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,625 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des vers de terre n'est pas significativement différente au sein de ces deux milieux.

3.2.4.5. Araignées

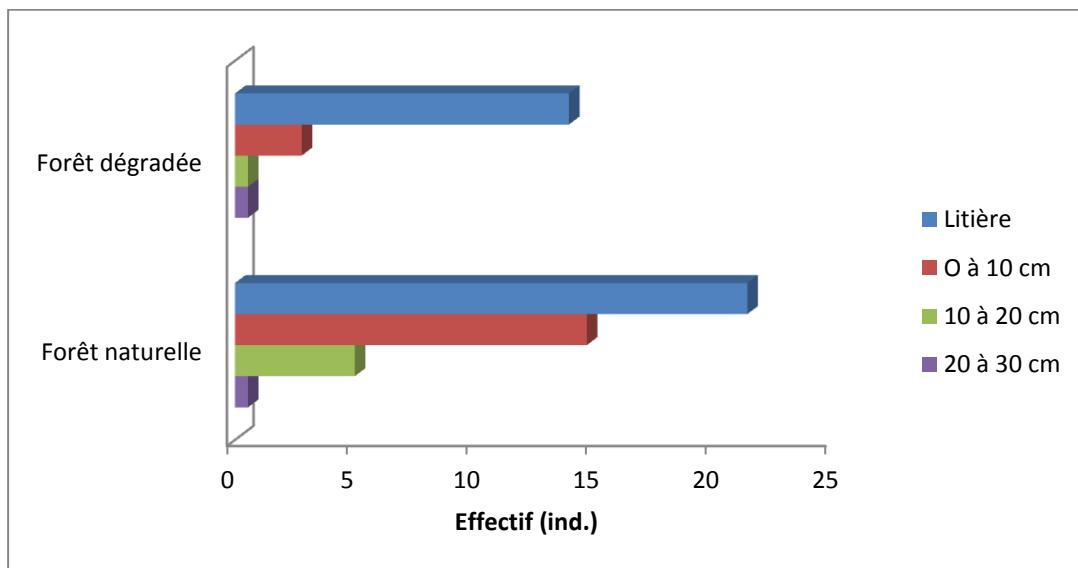


Figure 30 : Distribution verticale des Araignées

Sans descendre dans les couches inférieures (10 – 30 cm), les araignées sont majoritairement rencontrées dans la litière, et on les rencontre quand même dans le premier horizon du sol avec l'effectif non négligeable. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,25 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des Araignées n'est pas significativement différente au sein de ces deux zones.

3.2.4.6. Coléoptères adultes

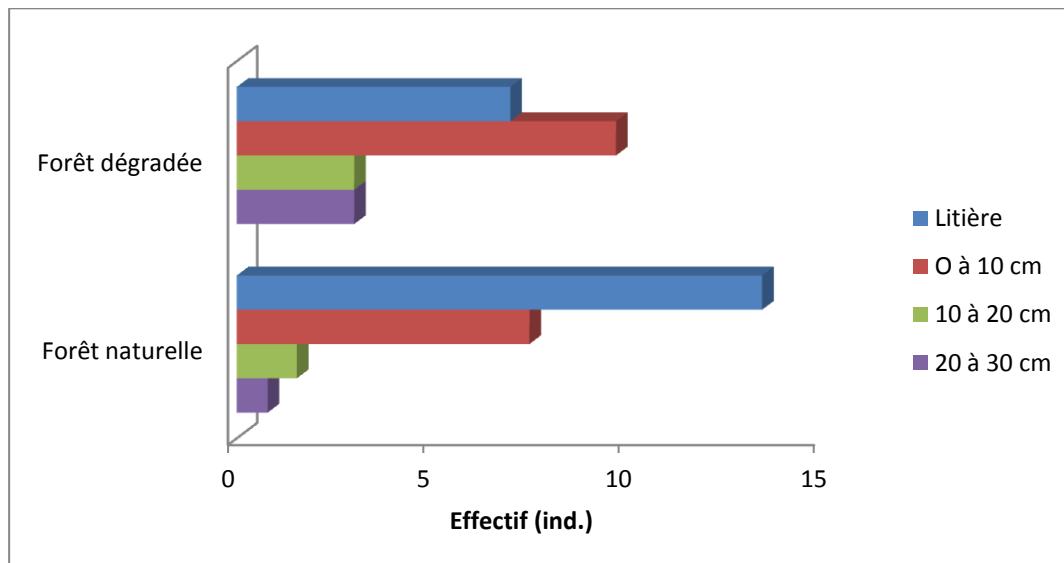


Figure 31 : Distribution verticale des Coléoptères adultes

Elles n'échappent pas à la loi générale du point de vue distribution verticale de la macrofaune. Elles préfèrent la partie superficielle (litière et horizon 0 – 10 cm du sol). D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,85 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des coléoptères adultes n'est pas significativement différente au sein de ces deux zones.

3.2.4.7. Dermaptères

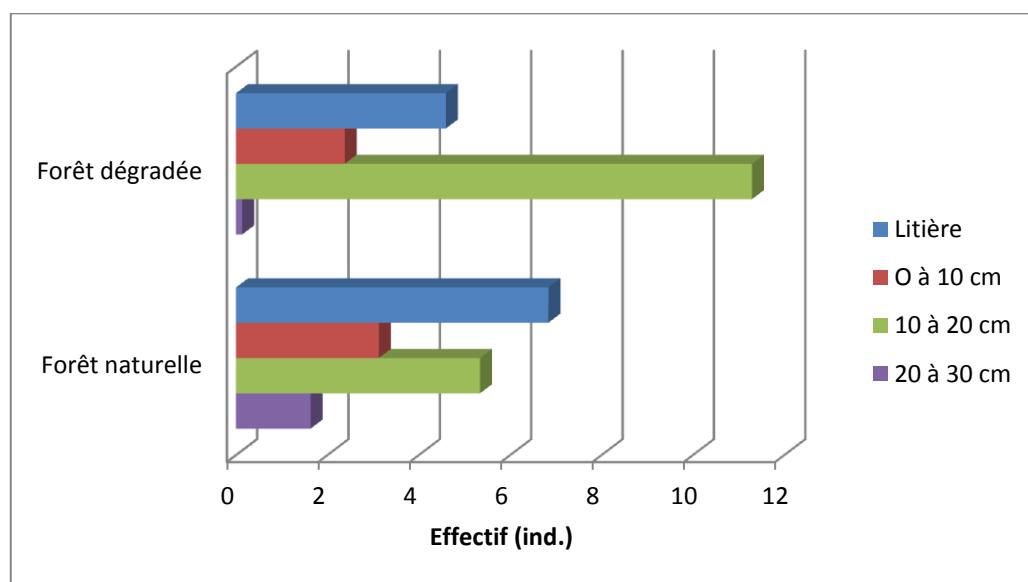


Figure 32 : Distribution verticale des Dermaptères

Les Dermaptères font exception. A part la litière, l'horizon 10 -20 cm du sol est le plus colonisé par eux. L'explication pourrait être simple : il y a des Dermaptères préférant la litière et

d'autres attirés dans l'horizon profond. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,875 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des Dermoptères n'est pas significativement différente au sein de ces deux zones.

3.2.4.8. Blattes

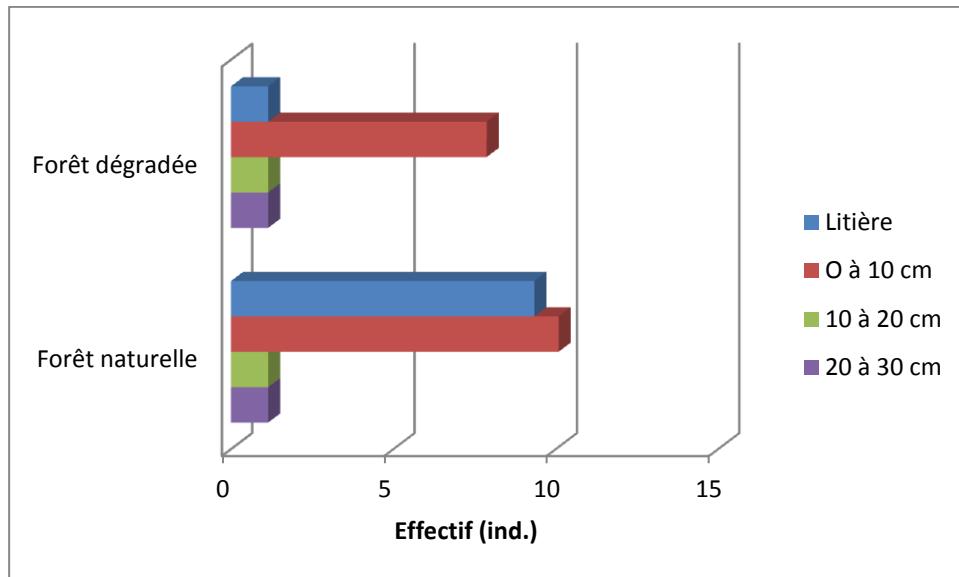


Figure 33 : Distribution verticale des Blattes

La répartition des blattes dans les différents horizons est très restreinte, elles ne colonisent que la couche 0 – 10 cm. On ne les rencontre nulle part dans l'endroit dégradé, mais sous forêt, la litière et cette couche (0 – 10 cm) les apprécient. D'après le test de Wilcoxon à $\alpha = 5\%$ et $N = 4$, la p-value calculée est supérieure : 0,225 au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$; donc on peut valider l'hypothèse nulle c'est-à dire que la distribution verticale des larves de coléoptères n'est pas significativement différente au sein de ces zones.

3.3. Interaction sol-faune

3.3.1. La faune et pH du sol

Le pH de ces six points de prélèvement varie peu (Figure 34), entre 4,7 à 4,85, donc le facteur pH n'influence ici l'abondance ou la rareté de la macrofaune. Mais ce pH acide est clairement propice au développement des espèces acidophiles, comme le genre *Lumbricus* sp., la plupart des larves de Coléoptères ainsi que les Diplopodes par opposition à des Chilopodes et d'autres espèces de vers qui se raréfient avec l'acidité du sol. Entre pH 4,5 et pH 8 du sol, il est difficile d'établir une liste des préférences par suite de l'interférence de très nombreux facteurs pour les annélides [2].

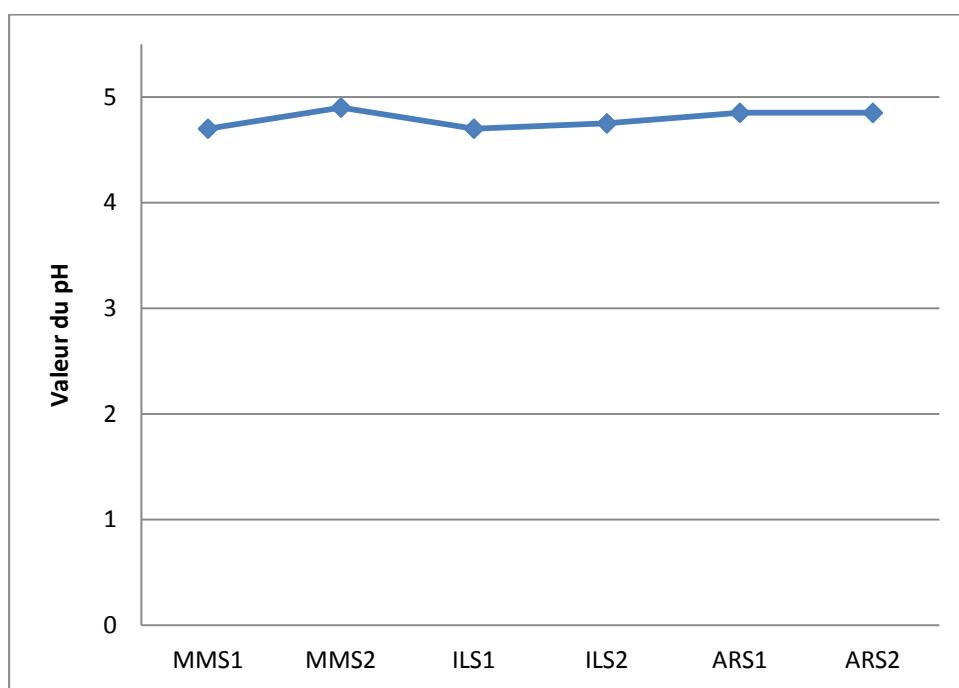


Figure 34 : Courbe présentant l'acidité des sols

3.3.2. La faune et matières organiques du sol

La teneur en matières organiques (Carbone et Azote organiques) influence beaucoup la proportion de la faune édaphique, où plus, est élevée la teneur en matières organiques (C : 52,10% contre 7,750% et N : 2,33% contre 0,402%) plus nombreuse serait la macrofaune surtout les animaux detritiphages (Vers de terre et les larves des Insectes). Les annélides se raréfient avec la désertification des sols [3] (c'est pourquoi MMS 1 est plus peuplé que MMS 2, ILS 1 qu'ILS 2 et ARS 1 qu'ARS 2). Cette raréfaction est étroitement liée à des compositions chimiques de sols (Matières organiques et bases échangeables) avec le sol couvert plus de végétation qui est logiquement riche en humus c'est-à-dire matière organique.

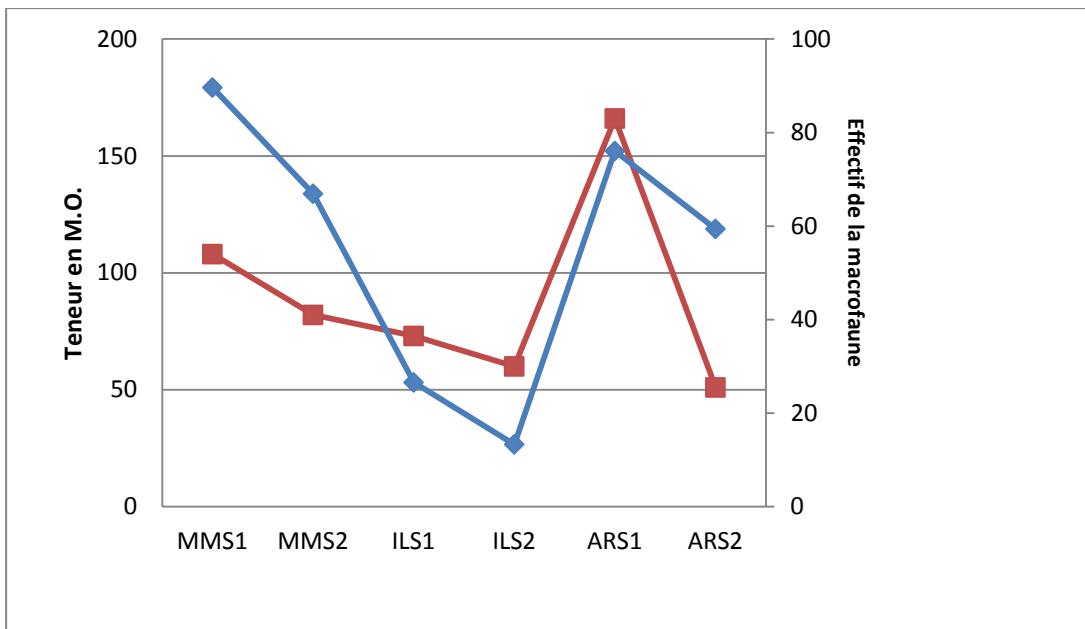


Figure 35 : Relation faune-matières organiques du sol

Le test de corrélation de Spearman, au risque $\alpha = 0,05$ et $N = 6$ montre que la valeur r_s observé : 0,88 est supérieure à r_s lue sur la table de Spearman : 0,829, donc on rejette l'hypothèse nulle, le test est significatif, c'est-à-dire que l'effectif de la macrofaune est proportionnel à la teneur en matière organique.

3.3.3. La faune et les propriétés physiques du sol

Du côté physique, les sols favorables au développement de la macrofaune (surtout les larves de coléoptères et les vers de terre) seraient des sols ayant une teneur élevée aux éléments (argile $\geq 35\%$ et limon $\geq 20\%$) susceptibles d'y maintenir une humidité favorable. En plus, comme les vers ingèrent de la terre, il est logique qu'ils soient abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles [3]. Le tableau VIII ci-après récapitule la relation entre macro-invertébrés et texture du sol.

Tableau VIII : Affinités de la macrofaune suivant la texture du sol

Texture	L. Coléo.	Isopodes	Myr.	Vers	Araignées	Coléo. A.	Derm.	Blattes
Argilo-limoneuse	+	+	+	++	--	--	+	--
Limono-argileuse	+	++	+	+	++	++	+	++

Concernant la structure, la faune édaphique évite la structure massive : peut être que l'aération y serait restreinte donc leur préférence est figurée dans la structure grumeleuse ou/et au moins particulière à massive. C'est une des raisons que nous avons trouvé la plupart des vers de terre dans les horizons (0 – 20 cm) et diminuent dans l'horizon inférieur même l'humidité y est favorable.

Tableau IX : Affinités de la macrofaune suivant la structure du sol

Structure	L.Coléo	Isopodes	Myr.	Vers	Araignées	Coléo A.	Derm.	Blattes
Spongieuse	+	+	++	-	++	++	+	-
Particulaire à massive	++	++	+	+	++	++	+	++
Massive à éclat anguleux	+	+	+	+++	--	--	++	--
massive	-	-	+	++	----	----	---	----

L.Coléo. : Larves de Coléoptères

Coléo. A : Coléoptères adultes

+++ : très important

--- : nul

Myr : Myriapodes

Derm : Dermaptères

++ : important

-- : très faible

+ : moyen

- : faible

3.3.4. Autres facteurs déterminant la faune du sol

Pour le site ILS, la roche mère est déjà à 35 - 45 cm, ce qui implique que la couche sol est surexploitée par les racines de plantes qui ne peuvent plus descendre à travers ce substrat rocailleux, alors que pour les deux autres sites, la roche n'affleure non plus à 1 m. Donc on peut dire que l'humidité et les éléments nutritifs y sont faibles par rapport à ces deux autres sites ; or l'humidité est très appréciée par la majorité de la macrofaune, elle serait donc une des raisons de leur abondance dans les deux sites.

Un autre facteur limitant la qualité et la quantité de la macrofaune dans un endroit est le passage du feu. Ce facteur est concrétisé dans le site ARS 2, où le feu passe, il y avait 4 mois avant la collecte (selon les populations locales). Dans ce point de prélèvement, aucun vers, Dermaptères et Coléoptères adultes non plus y sont observés ; bien que la litière est épaisse (7 cm) ; les matières organiques pas faibles ... l'effectif et la diversité de la macrofaune sont faibles (47 ind. contre 164 ind.) mais notons que les insectes xylophages (fourmis et termites) y sont forts abondants, du fait qu'ils colonisent le milieu renfermant des racines mortes.

Les résultats sont récapitulés dans la figure 36 ci-dessous, et on observe le surnombre au sein des milieux naturels, et l'abondance est la plus faible pour le site ILS.

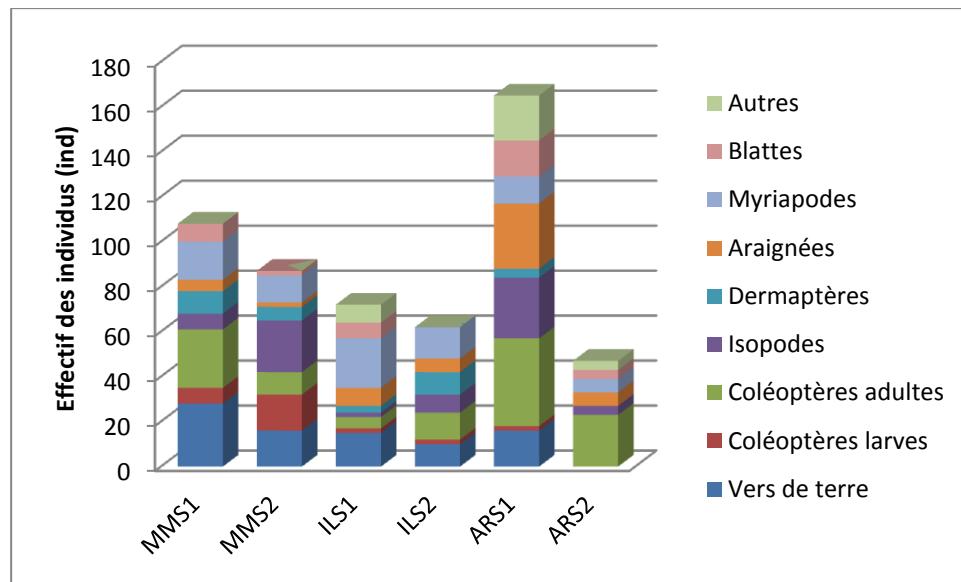


Figure 36 : Répartition de la macrofaune dans les zones de prélèvement

En résumé, les affinités des macro-invertébrés, tous groupes confondus, se passent dans l'ordre suivant :

- **Humidité du sol** : plus l'humidité est élevée ; plus nombreuses et diversifiées seraient la macrofaune ;
- **Teneur en matière organique** : le nombre de macrofaune augmente avec la teneur en Carbone et en Azote des sols ;
- **Structure et texture** : la macrofaune s'abrite dans les sols susceptibles de maintenir l'humidité et la circulation de l'air ;
- **Acidité du sol** : la macrofaune est généralement des espèces acidophiles ;
- **Autres** : feux de brousse, pendage, altitude... ont des influences négatives vis-à-vis de l'abondance et diversité de la macrofaune.

Les tableaux suivants nous récapitulent les relations entre la nature pédologique et la pedofaune qu'on y trouve.

+ + + : très important
 + + : important
 + : moyen
 - : faible
 - - : très faible
 - - - : nul
 Der : Dermaptères

L. Col : Larves de coléoptères
 Iso : Isopodes
 Myr : Myriapodes
 Ver : vers de terre
 Ara : Araignées
 Col.A. : Coléoptères adultes
 Blat : Blattes

Profil MMS 1 :

Couche	Propriétés du sol					Groupe de macrofaune							
	pH	C (%)	N (%)	C/N	CEC	L.Col.	Iso.	Myr.	Ver	Ara.	Col. A.	Der	Blat
C1		> 52,1	> 2,33	> 22	22	+	+	+	-	+++	+++	++	+
C2	4,7	52,1	2,33	22	22	+++	++	-	++	+	++	+	++
C3		< 52,1	< 2,33	< 22	< 22	+	--		+	--	--	--	--
C4		<< 52,1	<< 2,33	< 22	< 22	---	---	--	---	---	---	---	---

Profil MMS 2 :

Couches	Propriétés du sol					Groupe de macrofaune							
	pH	C (%)	N (%)	C/N	CEC	L.Col.	Iso.	Myr.	Ver	Ara.	Col. A.	Der	Blat.
C1		> 38,9	> 2,11	18	24	-	+	+	--	-	+	---	-
C2	4,9	38,9	2,11	18	24	++	++	-	++	-	-	-	---
C3		< 38,9	< 2,11	18	24	--	--	--	+	---	---	---	---

Profil ILS 1:

Couches	Propriétés du sol					Groupe de macrofaune							
	pH	C (%)	N (%)	C/N	CEC	L.Col.	Iso.	Myr.	Vers	Ara.	Col. A.	Der	Blat.
C1		< 15,45	< 0,76	20	22	-	+	++	-	+	-	-	---
C2	4,7	15,45	0,76	20	22	++	++	+	+	+	---	---	---
C3		> 15,45	> 0,76	20	22	-	+	+	+++	---	---	---	---

Profil ILS 2 :

	Propriétés du sol					Groupe de macrofaune							
Couches	pH	C (%)	N (%)	C/N	CEC	L.Col.	Iso.	Myr.	Vers	Ara.	Col. A.	Der	Blat.
C1		>7,75	>0,4	19	21	---	---	+	--	+	+	+	---
C2	4,7	7,75	0,4	19	21	+	+	---	-	--	--	--	---
C3		<7,75	<0,4	19	21	---	---	---	++	---	---	+	---
C4		<<7,75	<<0,4	19	21	---	---	---	+	---	---	---	---

Profil ARS 1 :

Profil ARS 2 :

PARTIE IV : SUGGESTION ET INTERET PEDAGOGIQUE

4. SUGGESTION ET INTERET PEDAGOGIQUE

D'après les résultats et analyses, nous avons démontré d'un coté que les sols forestiers sont chimiquement différents des sols dégradés. D'autre côté, la macrofaune est plus abondante et plus diversifié dans la forêt intacte. Mais quels sont les effets bénéfiques que cette faune apporterait-elle vis-à-vis du sol ? Est-il nécessaire d'étudier et de conserver cette pedofaune ? Nous allons voir maintenant les actions déployées par cette faune.

4.1. Action de la macrofaune sur le sol

Selon les types de sols, la faune a un rôle plus ou moins important dans leur genèse et leur dynamisme [2]. Les écologues identifient que les animaux du sol ont une action physique sur le sol et un rôle dans la dégradation de la matière organique [13].

4.1.1. Action sur les propriétés physiques du sol

Les édaphons modifient les propriétés de sol par trois actions physiques majeures, ils agissent tout d'abord sur la morphologie des sols par l'activité fouisseuse se traduisant à la fois par la création de galeries et par des transports de matériel.

4.1.1.1. Formation des galeries

Les fourmis et les termites déploient une activité particulièrement impressionnante pour construire leurs logis. En effet, fourmilières et termitières sont constituées de matières minérales et organiques mêlées [27]. Les galeries de vers, de certaines larves d'insectes, ou même des petits vertébrés comme les taupes, auront tendance à se remplir de terre humifère entraînée par les eaux et constitueront des voies préférentielles de pénétration pour les racines. Inversement, de nombreux animaux saprophages ou phytophages, qui s'attaquent aux racines plus ou moins en décomposition, laissent dans le sol des chenaux fertilisés par leurs déjections et, là aussi, d'autres racines pourront emprunter préférentiellement ces chenaux. [2] Ainsi, la porosité, la structure, le pouvoir de rétention d'eau et même la nature et la saturation du complexe absorbant peuvent complètement modifiés par la vie animale, or nous savons que de ces diverses caractéristiques peuvent dépendre pour le sol des propriétés aussi essentielles que la résistance à l'érosion ou la fertilité. [2]

En outre, la forte présence des vers de terre dans un sol transforme une structure massive et compacte en une structure poreuse. A l'opposé, les monticules créés par les termites sont dépourvus de macropores et ont par conséquent une structure massive et une densité apparente plus élevée qu'un sol naturel à particules similaires [27].

4.1.1.2. Formation d'agrégats

Les vers de terre et les termites humivores produisent des turricules qui sont des déjections formées d'un mélange de matières organiques et minérales. Ces turricules, molles au départ, renferment de l'azote minéral, de l'ammonium et du phosphore assimilable. L'ensemble, en séchant, piège la matière minérale dans une structure en agrégats, très compacte et plus stable [13].

4.1.1.3. Brassage des horizons

En effet, fourmis, termites, vers de terre et autres macro-arthropodes remuent d'importantes quantités de terre aussi bien lors de la mise en place des galeries qu'à travers la production des crottes. Les vers creusent des galeries, effectuent des transports verticaux de sol et assurent un mélange intime des débris végétaux avec la partie minérale du sol. De nombreux termites effectuent aussi des remontées spectaculaires de sol, mais, pour la plupart et à l'opposé des vers, semblent nuire aux processus naturels d'humification [2]. Ce brassage qui mobilise diverses fractions du sol affecte sa texture. Les fourmis, elles, utilisent des particules grossières pour la construction de leurs nids.

4.1.2. Dégradation de la matière organique

La matière organique qui arrive sur le sol subit des transformations dues à des réactions physiques, chimiques et biologiques [13].

4.1.2.1. Réactions physiques

Les réactions physiques aboutissent à la fragmentation, étape primordiale dans l'évolution de la matière organique dans le sol. Les animaux saprophages initient ce mécanisme. On passe ainsi des morceaux de plusieurs centimètres, avalés par les Cloportes, les gros Myriapodes et les Coléoptères, à des fractions de quelques microns dans les boulettes fécales des microarthropodes. Ils augmentent ainsi la surface attaquable par les bactéries, champignons, et autres éléments de la microflore [13]. La dégradation normale des litières en milieu aéré et humide, en se basant sur la consommation des divers animaux, on en arrive à la conclusion que sous forêt toute la litière végétale peut être ingérée par eux [2]. En même temps que la faune fragmente les débris végétaux, elle les travaille chimiquement et par ses déjections, elle enrichit les matières organiques du sol de divers enzymes. Cette fragmentation permet à court terme la libération d'éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore assimilable par les plantes.

4.1.2.2. Réactions chimiques

Du point de vue chimie des sols, un animal ne peut survivre dans un milieu sans, du fait même de son métabolisme, le modifier chimiquement [2]. Cette fragmentation et cette modification

chimique des débris végétaux s'accompagnent d'un développement des micro-organismes qui, pouvant traverser les tubes digestifs des animaux, se trouvent ensuite au sein des excréments dans des conditions de pH, d'humidité et de milieu chimique favorables à leur activité. En effet, les boulettes fécales issues de la fragmentation précédemment évoquée sont le siège d'une intense activité microbienne et enzymatique [27]. On admet par exemple que la terre, après avoir traversé le tube digestif des lombrics, renferme des enzymes agissant sur la décomposition de la matière organique. Des études ont, en outre, montré que cette terre renfermait cinq fois plus d'acide phosphorique et onze fois plus de potasse assimilable qu'il n'en existe dans les couches superficielles du sol [14].

4.1.2.3. Réactions biologiques.

Les organismes du sol manifestent nécessairement entre-eux des relations très diverses. Dans les sols, l'association par coprophagie est assez courante du fait que les divers animaux n'assimilent pas tous les mêmes matières organiques et que chaque débris végétal doit le plus souvent passer par plusieurs tubes digestifs avant sa complète dégradation.

En plus, chez les lombrics, on assiste à la production du mucus, substrat organique très énergétique qu'ils mélangent dans leurs tubes digestifs avec du sol ingéré et de l'eau. Le sol ingéré contient des particules minérales et organiques, mais aussi de la microflore. Les conditions sont alors idéales pour les bactéries (chaleur, humidité et matière organique fragmentée) qui récupèrent leurs capacités enzymatiques et digèrent la matière organique. La production de mucus demande un gros investissement énergétique, mais permet aux lombrics de récupérer les produits de la digestion effectuée par les bactéries réactivées. [27]

4.2. Discussions

La macrofaune du sol apparaît plus abondante sous-forêt vierge qu'à l'intérieur du milieu dégradé. Cette différence provient de l'hétérogénéité de l'humidité et la richesse en matières organiques des sols suivant les milieux. Les autres propriétés physico-chimiques du sol telles que la porosité, la température et le pH sont aussi susceptibles de jouer un rôle dans le déterminisme de la macrofaune du sol [3]. Selon les résultats des analyses au laboratoire, les sols forestiers ont de proportion élevée en matière organique (C et N), ce qui est nécessaire pour l'existence de la macrofaune. Ainsi, la teneur en eau et en matière organique des sols sont favorables à la pédofaune. La qualité et la quantité de la litière des deux milieux, présentent une grande différence alors que l'abondance de la faune épigée en dépend.

Pourtant, certains groupes préfèrent le milieu dégradé, comme les xylophages (termites) qui y sont très abondants et se nourrissent des racines mortes. L'impact du feu sur la faune du sol montre que le passage du feu exerce un effet dépressif momentané sur la faune du sol ; ce qui a aussi été constaté par BACHELIER en 1978 [3].

4.2.1. Abondance et densité

Les larves de Coléoptères constituent le plus important groupe dans les trois sites d'études. Pour les divers insectes ptérygotes et surtout leurs larves, l'eau demeure un facteur écologique souvent très important [33] car il est étudié que les larves terricoles ne résistent pas à la dessiccation, car les particules du sol érodent généralement la cire épicuticulaire qui les recouvre et qui freine la transpiration [31].

Pour le milieu dégradé, la densité trouvée $80,66 \text{ ind/m}^2$ rapproche à la densité trouvée par RAMANANTSIALONINA [36] sur les Hautes-terres malagasy. L'abondance des groupes faunistiques passe dans l'ordre suivant Coléoptères larves > Isopodes > Myriapodes > vers de terre > Araignées > Autres > Coléoptères adultes > Dermaptères > Blattes. Cet ordre est en accord avec ceux de RABEMANANTSOA J.D. (2010) [33] et d'ISSA (2011) [21] qui ont observé que les vers, les coléoptères et les Isopodes sont les plus abondants et que les blattes et les grillons terminent la liste.

Par contre, ce résultat contredit celui trouvé par GOMA-TCHIMBAKALA J. (2008) [18] qui ne compte que $3,2 \text{ ind/m}^2$ et qui a affirmé que les vers de terre sont les moins abondants de la macrofaune dans la forêt. La différence c'est que les sols des sites d'étude sont limoneux ou argilo-limoneux, milieux favorables au développement de la plupart des annélides. D'où leurs fortes densités.

4.2.2. Distribution verticale

En accord avec de nombreux auteurs GOMA-TCHIMBAKALA J. (2008) [18] et BACHELIER J. (1978) [3], nous constatons que dans la forêt naturelle et même dans le milieu dégradé, l'horizon 0 – 10 cm est plus densément peuplé que les autres horizons vient ensuite la litière où demeure 28,36% des macro-invertébrées. En effet, en milieux tropicaux, les processus de recyclage et de stockage de la matière organique et des nutriments se situent principalement dans la litière ou dans les horizons les plus superficiels du sol [2]. Ces processus sont en grande partie déterminés par la qualité de la litière présente [19] [32] [18]. Ainsi, les macro-invertébrés se trouvent concentrées là où le potentiel énergétique est élevé.

La distribution verticale des vers : notre résultat met en évidence que l'horizon de 10 – 30 cm de profondeur renferme le plus de vers alors que RATNADASS A. et al. (2008) [39] constatent

qu'il y a une diminution de vers de terre vers 30 cm. Cela pourrait s'expliquer par les dates de prélèvement. Notre étude a été déroulée en saison sèche et celle de RATNADASS pendant la saison de pluie, en effet, les vers de terre s'enfoncent à l'intérieur pour chercher l'humidité du sol.

Pour les Myriapodes, sous forêt, la litière renferme les plus nombreux en ce groupe. Ce qui contredit le résultat de RATNADASS A. et al. (2008) [39] affirmant que les Chilopodes sont absents dans les litières et plus abondants dans les horizons supérieurs de la couche sol.

4.1.3 Composition et diversité

Les parcelles dans la forêt vierge abritent en général plus de groupes taxonomiques que celles des dégradées. L'indice de Shannon-Waever est légèrement élevé en forêt. Il explique la diversité des groupes de macrofaune dans ce milieu. Le maintien d'une couverture permanente à la surface du sol assurerait plus d'habitat aux animaux qui s'y abritent. La nourriture serait également rendue disponible par relèvement de la teneur du sol en matière organique, base de la chaîne trophique des communautés vivantes du système [21]. L'abondance et la diversité de la macrofaune du sol sont élevées quand les conditions édaphiques requises pour un développement normal de la macrofaune sont optimales.

4.3. Plan d'aménagement simplifié

En dehors des potentialités écotouristiques et minières, le COFAM possède aussi des potentialités agricoles et artisanales. La culture vivrière constitue la première préoccupation des habitants de la région, suivie de l'élevage et de l'artisanat. La riziculture y occupe une superficie assez importante formée essentiellement de « tavy » et de culture de bas fond [37]. Puisque notre étude s'est basée sur la pédologie, on pourrait en apporter quelques recommandations et aménagement afin d'améliorer les productions agricoles. Le but s'agit d'aménager et de récupérer les espaces dégradées et conserver les formations forestières restantes. Notre zone d'étude dispose de plaines et de bas-fonds de bonne fertilité, d'un réseau hydrographique relativement dense et d'une pluviométrie assez confortable en années normales. Ces conditions nettement favorables par rapport à des autres régions du sud de Madagascar l'offrent une forte potentialité agricole pouvant offrir la possibilité de cultures diversifiées et de production en quantité.

4.3.1. Site 1 : Manesimiorika

4.3.1.1. Sol de tanety

Pour la forêt naturelle, la reforestation de tous les vides à l'intérieur de la NAP [25] est la meilleure solution, afin de la conserver et de la restaurer. Préparant à cette campagne de reboisement,

nous devons commencer par l'identification, délimitation et préparation à l'avance des sites à reboiser et le choix des espèces pouvant produire des résultats satisfaisants.

En bordure de la forêt naturelle, la zone colluviale peut recevoir différentes cultures vivrières (manioc, maïs ...) ou des arboricultures (pommier ...) car les propriétés physiques des sols y sont favorables. Des aménagements agroforestiers peuvent être aussi convenables, car les plantes y peuvent explorer un volume assez important du sol [38]. Pourtant, la pente très forte exige des mesures antiérosives avant toute intervention surtout avant les cultures érosives comme le maïs ou la pratique des cultures suivant la courbe de niveau, fossés ceinturant...

4.3.1.2. *Sol des bas-fonds*

La nature des sols hydromorphes, trouvés dans les bas-fonds dépend des types de reliefs qui sont situés à l'amont [38]. Chaque unité a une aptitude spécifique à la riziculture et demande des techniques particulières de mise en valeur. Les sols hydromorphes renferment des débris organiques mal décomposés dans cette zone d'intervention qui peuvent être mise en riziére et aux diverses cultures de contre-saison. La correction de ce pH fortement acide par l'apport des éléments fertilisants (dolomie) et un effort de drainage conduisent à l'augmentation du rendement agricole. Dans notre zone d'étude, le manque d'eau n'est pas un problème mais il doit être bien maîtrisé par la canalisation du périmètre agricole.

4.3.2. Site 2 : Ilemonga

4.3.2.1. *Sol du tanety*

Pour compenser la carence en matière organique, surtout en azote, il faudrait prévoir l'apport d'éléments fertilisants, ou cultiver des espèces légumineuses pourvues de nodosités capables de fixer l'azote de l'air comme les haricots ... La pente est encore abrupte, donc toute intervention doit prévoir des systèmes amortissant l'érosion.

A l'intérieur de la forêt naturelle, la reforestation devrait tenir compte des espèces tolérantes à la carence en matière organique et ayant à la fois des racines tranchantes capables de se développer sur des concrétions quartzitiques.

4.3.2.2. *Sol du bas-fond*

La pauvreté des bassins versants en matières organiques est constatée dans le bas-fond. L'augmentation de rendements sera d'abord conditionnée par l'apport d'éléments fertilisants sur ces sols pauvres en matières organiques et en éléments minéraux.

En plus, l'oxydation des fers à l'état ferrique donne une coloration rouge des eaux qui stagnent et sachant que le Fe³⁺ n'est assimilable par les êtres vivants, le drainage de milieu devrait être préconisé. Vue la faculté de maîtrise de l'irrigation, ainsi que la difficulté d'améliorer les propriétés du sol, la pisciculture y est fortement conseillée. Pourtant si on est obligé de planter, la mise en valeur nécessite une intensification par l'emploi de fumure.

4.3.3. Site 3 : Andohariana

4.3.3.1. Sol de tanety

La recommandation dans cette zone est identique à celle de MMS car les sols y présentent les mêmes propriétés physico-chimiques.

4.3.3.2. Sol de bas-fond

Par le phénomène d'alluvionnement, la couche favorable à la riziculture est enfouie à une certaine profondeur ; donc pour que les rendements soient satisfaisants, il faut monter cette couche à la surface et en plus, apporter certaines quantités de fumure ou/et d'humus afin d'obtenir le complexe argilo-humique stable et fertile.

Pour cette zone, la correction de pH par apport d'éléments fertilisants ou le choix de variétés de riz résistantes à l'acidité permettrait d'augmenter le rendement.

Notre région d'étude possède des conditions et des possibilités favorables à la production agricole surtout le riz ; malheureusement, l'autosuffisance alimentaire n'est encore atteinte obligeant les populations riveraines de défricher et d'exploiter les ressources naturelles (forêt et ressource minière) aboutissant à la dégradation de ces dernières. Le renforcement de connaissances et des techniques afin d'augmenter la production agricole est une meilleure solution pour diminuer la défriche et l'exploitation des ressources naturelles.

4.4. Intérêts de ce mémoire

Le fruit de ce présent mémoire revête plusieurs intérêts ; d'abord, il sert à donner des notions sur les caractères pédologiques de Fandriana plus précisément dans les deux CR étudiées afin d'y établir un plan d'aménagement détaillé des terrains agricoles et/ou forestiers. Les résultats d'analyses chimiques figurés dans ce mémoire permettraient de savoir les déficiences et les carences en éléments de sol pour pouvoir améliorer la production agricole des paysans. Le but en est la conservation de l'environnement via la diminution de la pratique du tavy. Puis, il constitue un complément sur la pédobiologie, car l'étude de la faune des sols complète l'étude microbiologique des sols et participe à la recherche plus générale de la connaissance de la vie dans les sols. En plus il

s'avère nécessaire d'étudier la pédofaune car elle assure des différentes fonctions indispensables dans la conservation de sol comme la dégradation d'apports récents de matière organique, libérant des éléments nutritifs et formant de l'humus, le brassage du sol et établissement de sa structure, la création de pores pour l'aération, la rétention de l'eau et la croissance des racines et enfin le développement de contacts intimes entre les racines des plantes et les particules du sol, qui sont les ponts à travers lesquels les éléments nutritifs du sol passent aux plantes.[12]

Pédagogiquement, les produits de la recherche sont exploitables dans l'enseignement de la matière SVT en classe de Seconde et en classe de Troisième :

Classe de Troisième :

✓ Leçon de Géologie :

- Chapitre : **Le sol**

Paragraphe : « L'étude pratique du sol » : une technique d'étude des sols sur terrain a été décrite dans ce mémoire.

Classe de Seconde

✓ Leçon d'Ecologie :

- Chapitre : **Les êtres vivants et leur milieu**

Paragraphe : « Inventaire des êtres vivants rencontrés » : une méthode d'inventaire de la macrofaune des sols peut être tirée de ce mémoire.

- Chapitre : **Les facteurs écologiques**

1- Paragraphe : « Facteurs climatiques » : ce présent mémoire aide les enseignants lors de la préparation de ce cours car il met en évidence un exemple concret des adaptations des êtres vivants avec les milieux de vie.

2- Paragraphe : « Facteurs édaphiques » incitant les élèves à expliquer les liens existant entre le sol et les êtres vivants.

En tant que normalien destiné à l'enseignement au lycée, nous proposerons une fiche de préparation lors d'une sortie sur terrain en classe de Seconde.

« Fiche de préparation »

Matière : SVT

Classe : Seconde

Leçon : Ecologie

Durée : 2 heures

Titre : Les êtres vivants et leur milieu

Effectif :

Objectif général : L'élève doit être capable de définir la diversité des êtres vivants et réaliser les interprétations entre eux et avec leur milieu.

Documentation : RAJERISON A. S. ; 2012 ; Ecopédologie par l'étude de la macrofaune du sol dans le futur parc du Corridor Fandriana-Marolambo ; Mémoire de CAPEN ; ENS ; Antananarivo ; 71p.

Timing	Objectifs spécifiques	Contenus	Stratégie	Observation
	L'élève doit être capable d'inventorier les êtres vivants rencontrés dans un milieu	<p>1- <u>Définition :</u> Inventaire : recensement détaillé des êtres vivants suivant leur catégorie à l'intérieur d'un milieu bien délimité. Macrofaune : C'est l'ensemble des êtres animaux vivants à la surface et/ou à l'intérieur du sol ayant une taille entre 4 à 80 mm.</p> <p>2- <u>Les matériels utilisés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - GPS ; - Bêche et pelle ; - Mètre ruban ; - Bâche ; - Alcool 70° ; - Fiche de comptage. <p>3- <u>Les paramètres étudiés :</u> <i>Abondance</i> : c'est la valeur quantitative des individus ou les groupes donnés. <i>Densité</i> : c'est le nombre des individus rencontrés par unité de surface. <i>Diversité</i> : c'est le nombre des taxons</p>	<p>Question : Inciter les élèves à énumérer chacun un groupe de macrofaune.</p> <p>Expliquer l'utilité des matériels</p> <p>Classifier selon leur ordre d'abondance les groupes observés et quantifier leur densité respective</p>	

		<p>rencontrés exprimant la valeur qualitative de la macrofaune observée.</p> <p>4- <u>Les méthodes d'inventaire :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Prélever une monolithe de 25 cm × 25 cm × 30 cm ; - Etaler le sol ainsi prélevé sur la bâche ; - Fouiller manuellement la macrofaune ; - Compter les individus de chaque groupe correspondant ; - Conserver quelques échantillons dans l'alcool de 70°. 	Pratique	Travail par groupe dont 3 élèves pour un cube de sol
--	--	---	----------	--

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les propriétés physiques du sol du Corridor Fandriana-Marolambo ne présentent de différences significatives sous milieu dégradé et sous forêt, tandis que la teneur en matière organique du sol forestier est supérieure à celle du milieu dégradé. Sous forêt, l'importance des apports organiques comme les feuillages, les coquillages et les débris animaux et végétaux... et le bon fonctionnement du cycle organo-minéral fournit des conditions édaphiques propices au développement des macro-invertébrés en leur assurant plus d'habitat et de nourriture. A l'intérieur du profil, les couches superficielles ont une teneur élevée en élément organique c'est pourquoi la majorité de la macrofaune y est mieux représentée. Les litières forestières et l'horizon 0 – 15 cm contenant beaucoup de matières organiques constituent des zones particulièrement riches en organismes vivants. Ce milieu stimule donc l'abondance des détritivores qui s'en nourrissent et contribuent à la dégradation de la matière organique dans le sol. Pourtant, conditionnés par des autres facteurs écologiques comme la température, l'humidité, l'ensoleillement, certains groupes ont trouvé leur milieu favorable dans la couche 3, ils s'adapteront ainsi au milieu riche en certains éléments minéraux comme le fer, magnésium ou le calcium... qui sont abondants dans l'horizon d'accumulation. La macrofaune est dominée par les larves de Coléoptères et les Isopodes jouant parfois des rôles similaires à ceux des détritivores. Les prédateurs sont aussi rencontrés en proportion plus importante sur sols de forêts. Les vers de terre sont nombreux malgré l'humidité insuffisante durant la descente sur terrain, ceci est à cause des autres facteurs écologiques qui y sont favorables à leur survie. Ces organismes semblent ainsi mieux indiquer la fertilité des sols de la zone forestière. Selon le niveau trophique, un groupe prédateur est abondant lorsque son proie y est nombreuse. Ainsi, les Chilopodes (Myriapodes) et les Staphylins (Coléoptères) ont tendance à devenir plus abondants lorsque les petits vers sont à fortes proportions dans les sols [3]. Nous pourrons dire donc que l'abondance et la diversité des macro-invertébrés ne sont pas le fruit du hasard mais elles sont étroitement liées à des conditions climatiques, édaphiques et biologiques du milieu. Toutefois, les résultats ainsi obtenus ne sont pas représentatifs pour affirmer telles caractéristiques pédologiques de la région, car déjà vu que les propriétés physico-chimiques des sols varient d'un lieu à un autre ainsi que la macrofaune, variées aussi avec le temps et l'espace. Donc cette étude suscite d'autres thèmes de recherches dans ce futur Aire Protégée tels que : Etude pédologique dans divers lieux du Parc, Etude de la macrofaune du sol pendant un certain temps, et évidemment étude des interactions entre un groupe de macrofaune et les propriétés physico-chimiques des sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ANDRIAMAMPIANINA L.** 1995. Contribution à l'étude de la répartition et de la structure des peuplements des Insectes Scarabeidae (Coléoptères) de la presqu'île de Masoala. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie des Sciences biologiques appliquées. Département d'Entomologie. Facultés des Sciences. Antananarivo. 69p.
2. **BACHELIER G.** 1963. La vie animale dans les sols. ORSTOM. Paris. 279p.
3. **BACHELIER G.** 1978. La faune des sols : son écologie et son action. ORSTOM. Paris. 391p.
4. **BALMER J.R., PIOT J.C., WIDMER F., et MOREL P.** 1959. Le sol. Agricole. Paris. 159p.
5. **BESAIRIE H.** 1973. Précis de Géologie malgache. Annales géologiques de Madagascar. Services des Mines. N° 36. pp 1-142.
6. **BIED CHARRETON M., BONY ALLOT J., DANDOY G., DELENNE M., HUGOT B., PELTRE P., POMART E., PORTAIS M. RAISON J.P. et RANDRIANARISOA J.** 1981. Cartes des conditions géographiques de la mise en valeur agricole de Madagascar. ORSTOM. Paris. 196p.
7. **BONNEAU M. et SOUCHIER B.** 1979. Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. MASSON. Paris. 459p.
8. **CHANTON R.L.** 1963. Zoologie systématique et biologie générale. Centre de Documentation Universitaire. Paris. 2^{ème} édition. 284p.
9. **CHAPIN F.S.I., ZAVAleta E.S., EVINERS V.T., NAYLOR R.L., VITOUSEK P.M., REYNOLDS H.L., HOOPER D.U., LAVOREL S., SALA O.E., HOBBIE S.E. et MACK M.C.** 2000. Consequences of changing biodiversity nature. 405p.
10. **CHAUVEL A. ; GRIMALDI M. ; BARROS M.E. ; BLANCHART E. ; DESAJARDIN T. ; SARRAZIN M. et LAVELLE P.** 1999. « An earthworm Compacts Amazonian Soils». Nature, 3 mars 1999.
11. **DALZELL H.W., BIDDLESTONE A.J., GRAY K.R. et THURAIRAJAN K.** 1988. Aménagement du sol : production et usage du compost en milieu tropical et subtropical, Bulletin pédologique de FAO. N° 56. 165p.
12. **DEMOLON A.** 1966. Principes d'agronomie 1. Dynamique du sol. DUNOD. Paris. 5^{ème} édition. 520p.
13. **DEPRINCE A.** 2003. La faune du sol : diversité, méthodes d'études, fonctions et perspectives. Le courrier de l'environnement. N° 49. Juin 2003.
14. **DIEHL R.** 1975. Agriculture générale. 2^{ème} édition. J.-B. Baillière. 19. Paris. 129p.

15. **DUCHAUFFOUR P.** 1983. Pédologie 1. Pédogénèse et classification. MASSON. Paris. 2^{ème} édition. 491p.
16. **GAMFELDT L., HILLEBRAND H. et JONSSON P.R.** 2008. Multiple functions increase the importance of biodiversity for overall ecosystem functioning. ESA. Journals Ecological Society of America. Vol. 89.
17. **GOBAT J.M., ARAGNO M. et MATHEY W.** 1998. Le sol vivant : bases de pédologie et biologie des sols. Gérer l'environnement. Presses polytechniques romandes. Lausanne. 523p.
18. **GOMA-TCHIMBAKALA J.** 2008. Diversité de la macrofaune du sol de la forêt de l'EX-ORSTOM de Brazzaville (Congo). Annales de l'Université Marien NGOUABI. Sciences et Techniques. 9. pp. 100 – 108.
19. **GOMA-TCHIMBAKALA J. et BERNHARD-REVERSAT F.** 2006. Comparison of litter dynamics in three plantation of an indigenous timber-tree (*Terminalia superba*) and a natural tropical in Mayombe, Congo. Forest Ecology and Management. 229. pp. 304 – 313.
20. **HENDRIX P.F., CROSSLEY J.D.A., BLAIR J.M. et COLEMAN D.C.** 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: *sustainable agricultural systems*. EDWARDSS C.A., LAL R., MADDEN P., MILLER R.H. et HOUSE G. SWCS, Ankeny, USA. pp. 637-654.
21. **ISSA M.H.** 2011. Effets des plantes de service sur la biodiversité de la macrofaune, impacts sur les vers blancs et les vers de terre en riziculture pluviale des Hautes terres de Madagascar. Mémoire pour l'obtention du Diplômes d'Etudes Approfondies en Sciences de la Vie. Université d'Antananarivo. Facultés des Sciences. Département d'Entomologie. Antananarivo. 72p.
22. **JOO' J.** 1965. Etude géologique et prospection de la feuille au 1/100 000 Fandriana. Service géologique. 31p.
23. **LACASSIN J.C. et CHRISTIAN S.** 2004. Les sols, base de la biodiversité. Groupement d'Intérêt scientifique sur les sols. Paris. 193p.
24. **LOURENCO W.R. et GOODMAN S.T.** 2000. Scorpion diversity and endemism in Madagascar : Implication for conservation programs. Diversité et endemism à Madagascar. 355 – 366pp.
25. **MANDIMBIZAKA J.L.** 2010. Etude de quatre espèces de palmiers spécifiques de la nouvelle aire protégée (NAP) Fandriana-Marolambo en vue de leur conservation : *Dypsis baronii*, *Dypsis lutea*, *Dypsis nodifera* et *Ravenea madagascariensis*. mémoire de fin d'étude de CAPEN. ENS. Antananarivo. 114p.

26. **MATHIEU J.** 2004. Etude de la macrofaune du sol dans une zone de déforestation en Amazonie du Sud-Est, au Brésil, dans le contexte de l'Agriculture familiale. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie – Paris 6. Paris. 222p.
27. **NADAMA.** 2006. Influence de trois modes de gestion des sols sur le profil de la macrofaune du sol en parcelles cotonnières paysannes au nord Cameroun. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. Faculté d'agronomie et des sciences agricoles. Département de protection des végétaux. Dschang. 54p.
28. **Parcs Nationaux Malagasy.** 2001. Plan de Gestion du Réseau National des Aires Protégées de Madagascar. 121p.
29. **PCD** Ankarinoro. 2002.
30. **PCD** Miarinavaratra. 2007
31. **PESSON P.** 1958. Le monde des Insectes. Horizons de Fr. Paris. 206p.
32. **PONGE J.F.** 2003. Humus forms in terrestrial ecosystems : a framework to Biodiversity. Soil biology and Biochemistry. 35. pp. 935 – 945.
33. **RABEMANANTSOA J.D.** 2010. Etude typologique de la Macrofaune du sol : Cas de la commune Fenoarivo, Antananarivo Atsimondrano. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur agronome. Département élevage. ESSA. Antananarivo. 53p.
34. **RADASIMALALA V.A.T.** 2008. Elaboration d'un schéma d'aménagement des sites de conservation de poissons endémiques et menacés de la rivière Nosivolo (District de Marolambo, Région Atsinanana). Mémoire de Maitrise. Facultés des Sciences des Lettres et Sciences Humaines. Département de Géographie. Antananarivo. 119p.
35. **RAKOTONDRAZAFY A. J.** 2008. Etude des menaces et pérennisation des espèces les plus utilisées dans la fabrication de rhum artisanal au niveau du Corridor Fandriana-Marolambo : Cas d'Ambodivoara. mémoire de fin d'étude pour l'obtention du CAPEN. ENS. Antananarivo. 111p.
36. **RAMANTSIALONINA H.M.** 1998. Evolution de la macrofaune et des dégâts aux cultures en fonction du mode de gestion des sols. Mémoire d'ingénieur en agronomie. ESSA. Antananarivo. 101p.
37. **RAMARATSIALONINA E.C.** 2005. Contribution à la protection et à la valorisation du Corridor Fandriana-Marolambo : cas des villages de Kirisiasy, d'Andohariana et d'Ambodivoara. Mémoire de Maitrise. Université d'Antananarivo. Faculté des Lettres et Sciences humaines. Département de Géographie. Antananarivo. 91p.
38. **RANDRIAMBOAVONJY J.C.** 1996. Les principaux pédopaysages de Madagascar. Publication de Thèse de doctorat. ESSA Forêt. Antananarivo. 177p.

39. **RATNADASS A., RANDRIAMANANTSOA R., RAJAONERA T.E., RAFAMATANANTSOA E., RAMAHANDRY F., RAMAROFIDY M.** et **MICHELLO** R. 2008. Impacts d'un système de culture à base de riz pluvial et de semis direct sur couverture végétale (SCV) sur la macrofaune du sol à Madagascar, avec référence particulière aux effets sur la production du riz. *Terre malgache*. N°26. pp. 39-41
40. **RAZAFIARIJAONA J.** 2001. Etude de la valorisation de la biodiversité dans le paysage Fandriana-Marolambo. 29p.
41. **RAZAFINDRASITA V.** 2000. Inventaire biologique des Oiseaux dans le Corridor Fandriana-Marolambo. Antananarivo. 22p.
42. **ROBERT M.** 1996. Le sol : Interface dans l'environnement ressource pour le développement. MASSON. Paris. 244p.
43. **RUELLAN A. et DOSSO M.** 1993. Regards sur le sol. Université francophone. Foucher AUPELF. Paris. 192p.
44. **SOLTNER D.** 1992. Les bases de la production végétale Tome 1. Le sol. Sciences et techniques agricoles. Sainte-Gemmes sur Loire. 19^{ème} édition. 467p.

ANNEXES

ANNEXE I : Fiche pédologique

FICHE PEDOLOGIQUE N° Profil :

Région : Type de sol :

.....

.....

Date : Alt : Roche mère :

Nappe phréatique :

Végétation : Relief :

Erosion :

N° échantillon	Epaisseur	Transition	Couleur	Texture	Humidité	Consistance	Structure	Porosité	Enracinement	Divers :
										Elts grossiers, Concrétiions, Taches, minéraux

Remarques : Noter état de la surface et observations entre deux profils successifs

ANNEXE II : Fiche de comptage de la macrofaune

Nom du site : Alt :

N° du site : Lat :

Milieu : Long :

Groupe	Litière	0 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 30 cm	Nb. d'sp. rencontrées
Vers de terre					
Coléoptères adultes					
Coléoptères larves					
Isopodes					
Dermaptères					
Araignées					
Myriapodes					
Blattes					
Autres					

ANNEXE III : Données brutes des prélèvements macrofaunistiques

Sites	VT	Col. A	Col. L	Isopodes	Der	Ar.	Myr	Blattes	Autres
MMS1	28	7	26	7	10	5	17	8	0
MMS2	16	16	10	23	6	2	12	2	0
ILS1	15	2	5	2	3	8	22	7	8
ILS2	10	2	12	8	10	6	14	0	0
ARS1	16	2	39	27	4	29	12	16	20
ARS2	0	0	23	4	0	6	6	4	4
TOTAL	85	29	115	71	33	56	83	37	32

ANNEXE IV : Mode opératoire des analyses pédologiques au laboratoire

1. PREPARATION D'ECHANTILLON DE SOLS

Procédure

- Verser et étaler le sol sur une feuille de papier portant la référence ;
- Glisser le sac d'origine sous l'échantillon afin de ne pas le séparer de ce dernier ;
- Deux ou trois fois par jour, écraser à la main les mottes de terre afin de favoriser le séchage. L'échantillon est sec lorsqu'il s'effrite entre les doigts sans coller ;
- Faire passer à travers un tamis de 2 mm d'ouverture. Après chaque opération de tamisage, verser le refus sur une feuille de papier. Si celui-ci contient de la terre agglomérée, la mettre dans un mortier en porcelaine, et à l'aide d'un pilon, écraser les petites mottes de terre sans taper ni appuyer trop fort.

Pour les analyses de routine, conserver environ 500 g de cet échantillon dans un sachet plastique portant la référence.

- Broyer ensuite 10 g de ce même échantillon et faire passer à travers un tamis de 0,5 mm d'ouverture. Le conserver dans un sachet plastique portant la référence. Cet échantillon est réservé pour les analyses suivantes : carbone organique et azote Kjeldahl.

2. pH

Principe

La différence de potentiel créée entre une électrode de verre et une électrode de référence, plongées dans une solution à analyser est une fonction linéaire du pH de celle-ci.

Appareillage et réactifs

- pH mètre
- Bécher de 50 ml
- Solution tampon pH 4 et pH 7

Mode opératoire

Peser 25 g de sol séché à l'air dans un Bécher de 50 ml. Ajouter 25 ml d'eau distillée. Laisser en contact pendant 30 mn en agitant de temps en temps à l'aide d'une baguette de verre. Après étalonnage du pH-mètre, introduire avec précaution l'électrode dans la suspension et lire le pH.

Ne pas agiter la suspension durant la mesure.

3. GRANULOMETRIE

Principe

Les différentes particules du sol sont dispersées par une solution diluée de méta phosphate de sodium. La détermination de la proportion des sables, des limons et des argiles dans le sol utilise la technique selon laquelle les particules mises en suspension dans un liquide se disposent avec une vitesse V telle que :

$$V = \frac{2 r^2 (D_s - D_l)}{9 \cdot n} \quad (\text{Loi de Stokes})$$

r : rayon des particules supposées sphériques

D_s et D_l : densités du solide et du liquide

n : viscosité du liquide

Une fraction de terre est dispersée dans l'eau, puis abandonnée à elle-même à un certain temps. La vitesse de sédimentation étant proportionnelle au carré du rayon des particules. Les sables se déposent beaucoup plus rapidement que les limons, et les limons beaucoup plus vite que les argiles. La quantité des particules restantes dans l'eau est mesurée à l'aide d'un densimètre de Bouyoucos.

Matériels et réactifs

- Mixeur
- Cylindre jaugé de 1L
- Densimètre de Bouyoucos gradué en L

- Thermomètre
- Hexamétaphosphate de sodium 5% : 5L par échantillon
- Alcool amylique
- Chronomètre

Procédure

Peser 50 g de sol séché à l'abri dans un Bécher de 600 ml.

Ajouter 50 ml d' Hexamétaphosphate de sodium et 100 ml d'eau distillée

Bien mélanger et laisser au repos pendant une nuit

Agiter pendant 5 mn à l'aide d'un mixeur

Transvaser dans un cylindre de 1 L et à l'aide de l'eau de rinçage, compléter le volume jusqu'au trait et laisser se reposer quelques minutes afin d'obtenir l'équilibre thermique avec le milieu ambiant.

Boucher le cylindre et retourner vivement à plusieurs reprises pendant 1 mn. Laisser se reposer et déboucher.

Après 40 secondes et 2 heures de repos, introduire le densimètre dans le liquide surnageant et faire la lecture.

Remarque :

L'introduire du densimètre dans le liquide se fait 10 s avant la lecture.

S'il y a formation de mousse à la surface, ajouter quelques gouttes d'alcool amylique pour les faire disparaître

Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Calcul

Soient : L_{B40} la lecture après 40 s de blanc

L_{B2h} la lecture après 2 heures de blanc

L_{40} la lecture après 40 s de l'échantillon

L_{2h} la lecture après 2 heures de l'échantillon

t°_{40} la température après 40 s

t°_{2h} la température après 2 heures

0,36 (t° - 20) correction en température t° en °C

$$\% \text{ Sable} = 100 - 2[L_{40} - L_{B40} + 0,36(t^{\circ}_{40} - 20)]$$

$$\% \text{ Argile} = 2[L_{2h} - L_{B2h} + 0,36(t^{\circ}_{2h} - 20)]$$

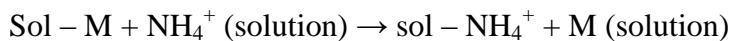
$$\% \text{ Limon} = 100 - (\% \text{ sable} + \% \text{ argile})$$

4. BASES ECHANGEABLES ET CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE

Principe

Extraction et détermination des bases échangeables

On met en contact le sol avec une solution molaire et neutre d'acétate d'ammonium. Les cations basiques échangeables sont extraits dans la solution, tandis qu'une partie de NH_4^+ ainsi est adsorbée par le sol, suivant l'équilibre ci-dessous :



M : cation basique échangeable

Les cations basiques ainsi extraits sont ensuite déterminés à l'aide du spectromètre d'absorption atomique.

Détermination de la capacité d'échange cationique

Après l'extraction des bases échangeables, le sol est saturé de NH_4^+ . On enlève les sels d'ammonium libre, puis on procède à l'extraction de NH_4^+ ainsi adsorbé par une solution molaire de NaCl.

L'ammoniaque sera ensuite déplacée en milieu alcalin, puis entraînée par la vapeur d'eau. Le dosage volumétrique est effectué sur le distillat.

Réactifs

- Acétates d'ammonium $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ à 1M : Peser 77,08 g d'acétate d'ammonium et le dissoudre dans de l'eau distillée à 1L.
- Ethanol 60%
- Solution de NaCl 1 M : dissoudre 68,5 g de NaCl dans 1L d'eau distillée. Le conserver dans une bouteille en verre de 1L.
- 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 1 800 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 jauge.

Procédure

Placer 10 g de sol de diamètre 2 mm dans un erlenmeyer de 125 ml. Ajouter 40 ml d'acétate d'ammonium 1 M.

Tournoyer et laisser reposer pendant 1 heure ou plus.

Transférer le contenu de l'erlenmeyer dans un entonnoir garni d'un papier filtre.

Récupérer le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml.

Bien rincer plusieurs fois le contenu de l'rlenmeyer par 20 ml d'acétate d'ammonium 1 M et le transférer dans l'entonnoir jusqu'à l'obtention d'un volume de 100 ml. Compléter le volume jusqu'au trait de jauge par l'acétate d'ammonium.

Déterminer les concentrations en Ca, Mg, Na et K par le spectromètre d'absorption atomique.

Le contenu de l'entonnoir sert à la détermination de la CEC.

Ajouter 50 ml de la solution d'éthanol 60% dans l'entonnoir. Récupérer le filtrat dans un erlenmeyer de 125 ml. Après le lessivage par la solution d'éthanol, ajouter ensuite la solution de NaCl dans l'entonnoir. Récupérer le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml. Continuer cette opération jusqu'à l'obtention d'un volume de 100 ml.

Dans l'appareil à distillation, introduire 10 ml du filtrat et 5 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.

Expression des résultats

Soient :

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

N : sa normalité

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

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

L'équivalence de NH₄⁺ ainsi dosé est égale à l'équivalence de la capacité d'échange cationique de la prise d'essai, soit : N × V

Dans 100 ml de la solution à analyser, on a N × V × 100/10 = 10 × N × V

Pour 100 g de sol donc, l'équivalence de la capacité d'échange cationique est :

$$10 \times N \times V \times 100/10 = 100 \times N \times V$$

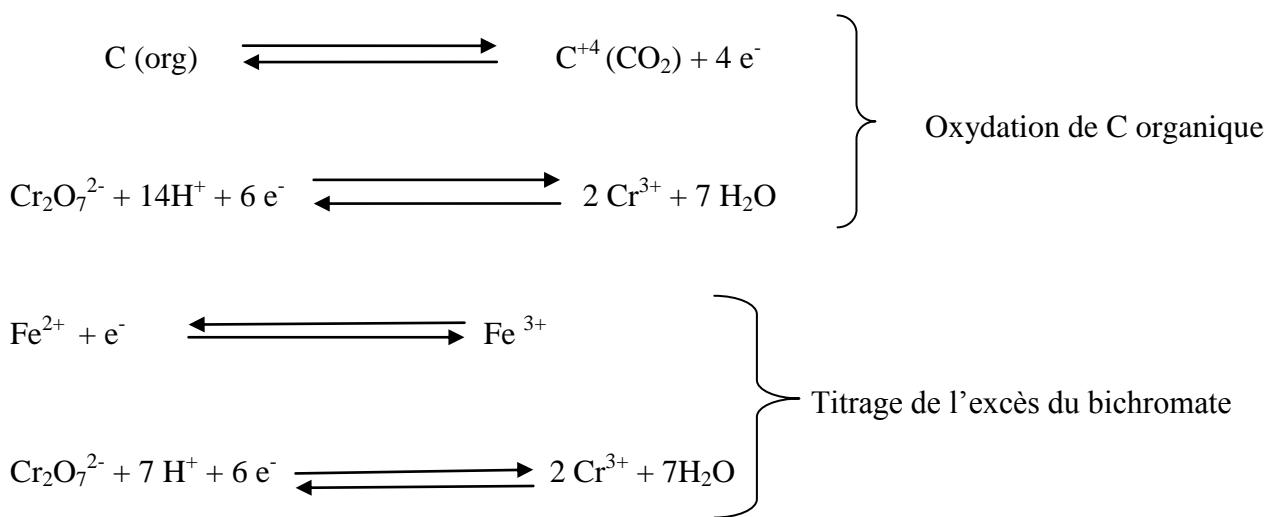
Comme N= 0,01 N, alors :

$$\text{CEC} = V \text{ méq}/100 \text{ g}$$

5. CARBONE ORGANIQUE

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 :



Réactifs

- Bichromate de potassium 1 N : Dissoudre 49,04 g de $K_2Cr_2O_7$ dans une fiole jaugée de 1 l avec de l'eau distillée et compléter le volume jusqu'à trait du jauge.
- Acide sulfurique concentré : 20 ml par échantillon.
- Sulfate ferreux 0,5 N : Dissoudre 140 g de sulfate ferreux ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) dans une fiole jaugée de 1 l avec de l'eau distillée. Ajouter 15 ml de H_2SO_4 concentré et compléter le volume à 1 l 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 0,695 g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dans de l'eau distillée et compléter le volume à 100 ml.

Procédure

Peser à peu près 0,1 g de sol de diamètre 0,5 mm et noter le poids exact. Le transférer dans un erlenmeyer de 250 ml.

Ajouter 10 ml de bichromate de potassium 1 N et faire tournoyer l'erlenmeyer pour faire disperser le sol dans la solution.

Ajouter rapidement 20 ml de H_2SO_4 concentré. Tournoyer l'erlenmeyer puis agiter vigoureusement pendant 1 mn.

Laisser reposer pendant 30 mn. Ajouter 200 ml d'eau distillée. Ajouter 4 gouttes d'ortho-phenantroline et titrer la solution avec $FeSO_4$ à 0,5 N.

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.

Calcul

Carbone organique (%) = $(N_{ox} \cdot V_{ox} - N_{red} \cdot V_{red}) / 0,39 / \text{masse du sol}$

Ox : Bichromate de potassium

Red : sulfate ferreux

Le taux de la matière organique étant obtenu par la formule simplifiée suivante :

$$\text{M.O (\%)} = \text{Carbone (\%)} \times 1,72$$

AZOTE KJELDAHL

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 sec de CO_2 et de H_2O , l'azote transformé en ammoniaque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$.

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.

Réactifs

- Acide sulfurique concentré (H_2SO_4)
- Catalyseur de minéralisation Kjeltab : mélange de 3,5 g de K_2SO_4 et de 0,4 g de CuSO_4 , 5 H_2O par échantillon.
- Solution d'hydroxyde de sodium 10 N
- Solution d'acide sulfurique 0,01 N
- Indicateur mixte : dissoudre 0,0495 g 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 1 800 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 jauge.

Mode opératoire

Minéralisation de l'azote organique :

Dans un tube de digestion, introduire successivement 1 g de sol à 0,5 mm de diamètre, 1 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.

Distillation de l'azote :

Dans l'appareil à distillation, introduire 10 ml de la prise d'essai et 10 ml de la solution de soude. Recueillir le distillat dans un erlenmeyer de 125 ml contenant 50 ml de la solution d'acide borique. Effectuer le dosage avec la solution d'acide sulfurique.

Un témoin est préparé dans les mêmes conditions.

Expression des résultats

Soient :

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

N : sa normalité

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

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

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

Soit dans la solution à analyser : N × V × 50/10

Comme la masse d'un milliéquivalent d'azote étant 14 mg, la quantité d'azote dans 1 g de sol

Sera : (N × V × 50/10) × 14 × 10⁻³ g

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 = 0,01N, alors :

$$\mathbf{N\% = V \times 0,07}$$

ANNEXE V : Résultats analytiques des sols au laboratoire

Résultats analytiques des huit échantillons représentatifs

N° ECHANTILLON	Site 1		Site 2		Site 3	
	MMS 12	MMS 42	ILS 12	ILS 42	ARS12	ARS 42
pH	4,70	4,90	4,70	4,75	4,85	4,85
Granulométrie						
Sable %	41	39	39	39	39	38
Limon %	22	19	26	28	23	23
Argile %	37	42	35	33	38	39
	100	100	100	100	100	100
Matières organiques %o						
C %o	52,10	38,90	15,450	7,750	44,210	34,530
N %o	2,33	2,11	0,763	0,402	1,760	1,523
Rapport C/N	22	18	20	19	25	23
CEC	22,00	24,00	22,00	21,00	22,00	21,00

ANNEXE VI : TABLE STATISTIQUE

TABLE DU COEFFICIENT DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN

La table de Spearman fournit les valeurs critiques au-delà desquelles les coefficients de corrélation obtenus sont significatifs. Pour des échantillons de taille N, on prend N degrés de liberté.

N \ alpha	0,05%	1%	2,50%	5%
4				1
5				0,9
6		0,943	0,886	0,829
7	0,929	0,893	0,786	0,714
8	0,881	0,833	0,738	0,643
9	0,833	0,783	0,7	0,6
10	0,794	0,745	0,648	0,564
11	0,818	0,709	0,618	0,536
12	0,78	0,703	0,591	0,497
13	0,745	0,673	0,566	0,475
14	0,716	0,646	0,545	0,457
15	0,689	0,623	0,525	0,441
16	0,666	0,601	0,507	0,425
17	0,645	0,582	0,49	0,412
18	0,625	0,564	0,476	0,399
19	0,608	0,549	0,462	0,388
20	0,591	0,534	0,45	0,377
21	0,576	0,521	0,438	0,368
22	0,562	0,508	0,428	0,359
23	0,549	0,496	0,418	0,351
24	0,537	0,485	0,409	0,343
25	0,526	0,475	0,4	0,336
26	0,515	0,465	0,392	0,329
27	0,505	0,456	0,385	0,323
28	0,496	0,448	0,377	0,317
29	0,487	0,44	0,37	0,311
30	0,478	0,432	0,364	0,305

TABLE DE WILCOXON

n	alpha		
	2,50%	1%	0,50%
6	0		
7	2	0	
8	4	2	0
9	6	3	2
10	8	5	3
11	11	7	5
12	14	10	7
13	17	13	10
14	21	16	13
15	25	20	16
16	30	24	20
17	35	28	23
18	40	33	28
19	46	38	32
20	52	43	38
21	59	49	43
22	66	56	49
23	73	62	55
24	81	69	61
25	89	77	68
	2	3	4

TABLE DE LA LOI DE χ^2

α : risque

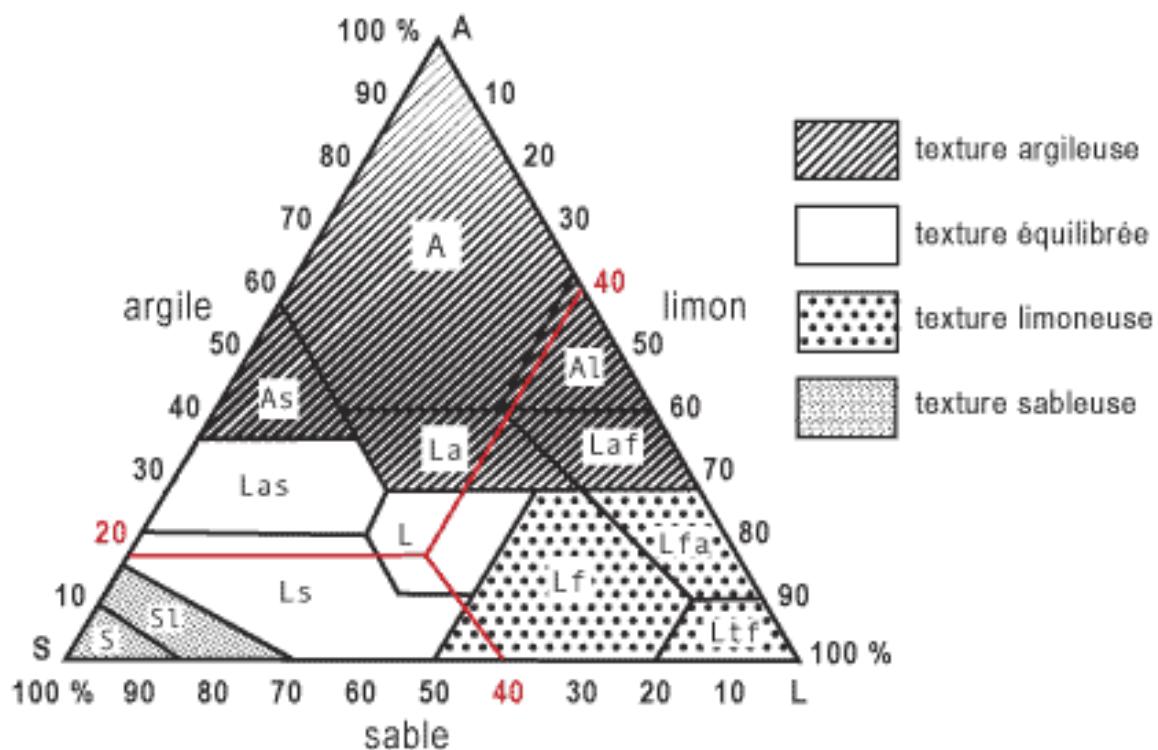
v : d.d.l.

v	α	0,990	0,975	0,950	0,900	0,100	0,050	0,025	0,010	0,001
1		0,0002	0,0010	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	10,83
2		0,02	0,05	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	13,82
3		0,13	0,22	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,34	16,27
4		0,30	0,48	0,71	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	18,47
5		0,55	0,83	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	20,53
6		0,87	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	22,46
7		1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,47	24,32
8		1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	26,13
9		2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	27,88
10		2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	29,59
11		3,05	3,82	4,57	5,58	17,27	19,67	21,92	24,72	31,26
12		3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	32,91
13		4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	34,53
14		4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	36,12
15		5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	37,70
16		5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,84	32,00	39,25
17		6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	40,79
18		7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,80	42,31
19		7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	43,82
20		8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,71	37,57	45,32
21		8,90	10,28	11,59	13,24	29,61	32,67	35,48	38,93	46,80
22		9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	48,27
23		10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	49,73
24		10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,41	39,37	42,98	51,18
25		11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	52,62
26		12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	54,05
27		12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	55,48
28		13,57	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	56,89
29		14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	58,30
30		14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	59,70

Exemple : - au risque de $\alpha = 0,05$ et pour $v = 20$, on lit $t(\chi^2 \text{ lue}) = 31,41$

- Au risque de $\alpha = 0,01$ et pour $v = 10$, on lit $t(\chi^2 \text{ lue}) = 23,41$

ANNEXE VII : Triangle de texture



ANNEXE VIII : Description des sols de bas-fonds

1 Sols de Manesimiorika

1.1 Profil : MMS 3

Altitude : 1 718 m

Latitude : 20° 04' 47,7'' Sud

Longitude : 47° 38' 24,9'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 7 %)

Nappe d'eau : gorgé d'eau

Couche 1 : Couche de 12 cm à matières mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique peu important

Couche 2 : Couche de 20 cm de couleur jaune, texture Argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l'oxydation des fers à l'état Fe⁺⁺⁺ (glényification).

Couche 3 : Couche de couleur brune, pâteuse, d'épaisseur 25 cm, matières organiques moyennement décomposées.

Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre, gorgée d'eau, d'épaisseur importante de 25 cm

Couche 5 : Couche grisâtre d'épaisseur 27 cm, gorgée d'eau, texture argilo-sableuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes», sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères» et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley».

1.2 Profil : MMS 4

Altitude : 1 717 m

Latitude : 20° 04' 46,3'' Sud

Longitude : 47° 38' 51,6'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 6 %)

Nappe d'eau : gorgé d'eau

Couche 1 : Couche de 10 cm à matières mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique peu important

Couche 2 : Couche de 27 cm de couleur jaune, texture Argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l'oxydation des fers à l'état Fe⁺⁺⁺ (glényification).

Couche 3 : Couche de couleur brune, d'épaisseur 25 cm, matières organiques moyennement décomposées, structure pâteuse

Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre, gorgée d'eau, consistance pâteuse, d'épaisseur importante de 33 cm

Couche 5 : Couche grisâtre d'épaisseur 15 cm, gorgée d'eau, texture argilo-sableuse

Couche 6 : Couche grisâtre d'épaisseur 20 cm, pâteuse, gorgée d'eau, texture argileuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

1.3 Profil : MMS 5

Altitude : 1 715 m

Latitude : 20° 04' 45,9'' Sud

Longitude : 47° 39' 05,2'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 7 %)

Nappe d'eau : 15 cm

Couche 1 : Couche de 20 cm à matières mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique peu importante

Couche 2 : Couche de 15 cm de couleur jaune, texture Argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l'oxydation des fers à l'état Fe⁺⁺⁺ (gléyification).

Couche 3 : Couche de couleur brune, d'épaisseur 20 cm, matières organiques moyennement décomposées, structure pâteuse

Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre, gorgée d'eau, pâteuse, d'épaisseur importante de 30 cm

Couche 5 : Couche grisâtre d'épaisseur 25 cm, gorgée d'eau, texture argilo-sableuse

Couche 6 : Couche grisâtre d'épaisseur 15 cm, pâteuse, gorgée d'eau, texture argileuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

2 Sols d'Ilemonga

2.1 Profil : ILS 3

Altitude : 1 723 m
 Latitude : 20° 05' 09,0'' Sud
 Longitude : 47° 38' 58,2'' Est
 Pente : Nulle à faible (0 à 5%)
 Nappe d'eau : 15cm

- Couche 1 : Couche de 20 cm à matières mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique importante
- Couche 2 : Couche de 25 cm de couleur jaune, texture Argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l'oxydation des fers à l'état Fe⁺⁺⁺ (gléyification).
- Couche 3 : Couche de couleur brune, d'épaisseur 30 cm, matières organiques moyennement décomposées, structure pâteuse
- Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre, gorgée d'eau, structure pâteuse, d'épaisseur importante de 30 cm
- Couche 5 : Couche grisâtre d'épaisseur 25 cm, gorgée d'eau, texture argilo-sableuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

2.2 Profil : ILS 4

Altitude : 1 726 m
 Latitude : 20° 05' 07,7'' Sud
 Longitude : 47° 38' 50,6'' Est
 Pente : nulle à légèrement faible (0 à 5%)
 Nappe d'eau : 25 cm

Couche 1 : Couche de 7 cm à matières organiques mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique peu importante

Couche 2 : Couche de 20 cm de couleur jaune, texture argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l’oxydation des fers à l’état Fe⁺⁺⁺ (gléyification).

Couche 3 : Couche de couleur brune, d’épaisseur 25 cm, matières organiques moyennement décomposées, texture argilo-limoneuse, gorgée d’eau, consistance pâteuse.

Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre (pseudogley), gorgée d’eau, pâteuse, d’épaisseur importante de 20 cm

Couche 5 : Couche grisâtre d’épaisseur 25 cm, gorgée d’eau, texture argilo-sableuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

3 Sols d'Andohariana

3.1 Profil : ARS 3 (Amont, rive gauche)

Altitude : 1480 m

Latitude : 20° 20' 53,5'' Sud

Longitude : 47° 33' 28,1''Est

Pente : nulle à faible (0 à 9 %)

Nappe d'eau : 45 cm

Couche 1 : Couche à matière organique brute, d’épaisseur 15 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse, à forte humidité, à forte activité biologique.

Couche 2 : Couche à matière organique mal décomposée, d’épaisseur 25 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse.

Couche 3 : Couche jaune rouge, d’épaisseur 15 cm, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse, présence des taches noires

Couche 4 : Couche organique de couleur noire (matières organiques bien décomposées), d’épaisseur 7 cm, texture argilo-limoneuse

Couche 5 : Couche brunâtre gorgée d'eau à matières organiques mal décomposées, d’épaisseur 23 cm, texture argilo-limoneuse,

Couche 6 : Couche de couleur noire, d'épaisseur environ 10 cm, texture argileuse

Couche 7 : Couche de couleur gris bleuâtre (pseudogley), gorgée d'eau d'épaisseur de 20 cm environ, argilo-sableuse.

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à Gley ».

3.2 Profil : ARS 4 (Amont, rive droite)

Altitude : 1480 m

Latitude : 20° 20' 53,5'' Sud

Longitude : 47° 33' 28,1'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 9 %)

Nappe d'eau : 45 cm

Couche 1 : Couche de 20 cm à matières mal décomposées, de couleur brunâtre, texture argilo-limoneuse, avec activité biologique peu importante

Couche 2 : Couche de 25 cm de couleur jaune, texture Argilo-limoneuse, matière organique décomposée, présence des taches rouges traduisant l'oxydation des fers à l'état Fe⁺⁺⁺ (gléyification).

Couche 3 : Couche de couleur brune, d'épaisseur 30 cm, matières organiques moyennement décomposées, structure pâteuse

Couche 4 : Couche argileuse de couleur grisâtre, gorgée d'eau, structure pâteuse, d'épaisseur importante de 30 cm

Couche 5 : Couche grisâtre d'épaisseur 25 cm, gorgée d'eau, texture argilo-sableuse

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à Gley ».

3.3 Profil : ARS 5 (Aval, rive gauche)

Altitude : 1475 m

Latitude : 20° 20' 53,5'' Sud

Longitude : 47° 33' 28,1'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 9 %)

Nappe d'eau : 25 cm

Couche 1 : Couche brunâtre à matières organiques mal décomposées, d'épaisseur 25 cm, peu humide, avec enracinement important, texture argilo-limoneuse.

Couche 2 : Couche à matières organiques décomposées, d'épaisseur 15 cm, de couleur brunâtre, gorgée d'eau, texture argilo-limoneuse.

Couche 3 : Couche d'argileuse de couleur jaunâtre, d'épaisseur 15 cm, gorgée d'eau.

Couche 4 : Couche d'argileuse sableuse à argilo-limoneuse, d'épaisseur de 30 cm, de couleur jaunâtre, présence des taches grisâtres (Oxydation de Fer à l'état Fe⁺⁺⁺).

Couche 5 : Couche à matières organiques mal décomposées, d'épaisseur 15 cm, de couleur brunâtre gorgée d'eau, avec odeur nauséabonde.

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

3.4 Profil : ARS 6 (Aval, rive droite)

Altitude : 1477 m

Latitude : 20° 20' 53,5'' Sud

Longitude : 47° 33' 28,1'' Est

Pente : nulle à faible (0 à 9 %)

Nappe d'eau : 25 cm

Couche 1 : Couche peu humifère d'épaisseur 20 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse, à forte humidité, et à forte activité biologique.

Couche 2 : Couche humifère bien décomposée, d'épaisseur 10 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse, gorgée d'eau.

Couche 3 : Couche humifère peu décomposée, d'épaisseur 20 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, structure pâteuse, gorgée d'eau.

Couche 4 : Couche peu humifère, d'épaisseur 25 cm, de couleur brune, texture argilo-limoneuse, gorgée d'eau, consistance malléable, présence des taches noires.

Couche 5 : Couche de couleur noire, d'épaisseur environ 10 cm, tourbes, à odeur nauséabonde.

Couche 6 : Couche à matières organiques mal décomposées, d'épaisseur plus 15 cm, de couleur brunâtre gorgée d'eau, avec odeur nauséabonde.

Le sol est classé parmi les « Sols hydromorphes », sous-classe « Sols hydromorphes minéraux peu humifères » et groupes de « Sols hydromorphes minéraux peu humifères à pseudogley ».

RAJERISON Andritiana Serge

Lot IME 60 Manjaka-Est Ambohidratrimo

E-mail : sergerajery@yahoo.fr



Directeur de mémoire : RAZAFIMAHATRATRA Dieudonné

Titre du mémoire : « **Ecopédologie par l'étude de la macrofaune du sol dans le futur parc du Corridor Fandriana-Marolambo** »

Nombre de pages : 85

Nombre de Tableaux : 9

Nombre de Figures : 36

Nombre d'Annexes : 8

RESUME

La caractérisation des propriétés physico-chimiques des sols du COFAM ainsi que l'identification des différentes espèces pédofaunistiques servent une information scientifique sur la relation sol-faune, dans le but de conservation et de la mise en valeur de sol. Pour ce faire, six fosses pédologiques sont ouvertes pour l'étude descriptive des sols, et de cinquantaine de monolithes (cubes de 30 cm³) sont ainsi prélevées afin de dénombrer et échantillonner la macrofaune. Au cours de la campagne, 540 macroinvertébrés appartenant aux 23 familles ont été identifiées. Les groupes de macrofaune sont significativement plus abondants (344 ind. contre 196 ind.) et plus diversifiés (Indice de Shannon : 3,26 contre 2,9 ; indice d'équitabilité : 0,88 contre 0,78 au niveau de l'ordre) dans les sols forestiers que sous forêts dégradées. Ces résultats faunistiques se rapportent à des analyses chimiques des sols effectués au laboratoire montrant la richesse en matière organique du substrat forestier (89,61% contre seulement 59,39% à Andohariana) malgré la constance du pH (aux alentours de 4,8) et de la granulométrie des sols (limono-argileuse en général). Avec des autres facteurs, la teneur en C (7,75 à 52,1%) et N organique (0,42 à 2,33%) des sols déterminent la répartition et l'abondance des êtres vivants dans le sol. Du point de vue pédagogique, ce travail constitue un document pour l'enseignement de Pédologie en classe de Troisième et d'Ecologie en classe de Seconde.

Mots clés : Pédologie, Corridor Fandriana-Marolambo, Macrofaune du sol,
Conservation du sol,