

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Coordonnées géographiques du secteur.....	2
<b>Tableau 2</b> : Température et pluviométrie moyenne mensuelle de l'année 2011 -2013 (source : service météorologique Antananarivo) .....	4
<b>Tableau 3</b> : Découpage du socle cristallin malgache selon les travaux de Collins et du PG ..	8
<b>Tableau 4</b> : Pourcentage de superficie physique selon la morphologie (source : auteur).....	29
<b>Tableau 6</b> : superficie du type des sols (source : auteur) .....	42
<b>Tableau 7</b> : Plan d'aménagement .....	46
.....	46

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : carte de localisation et délimitation administrative de la zone d'étude.....	3
<b>Figure 2</b> : Diagramme Ombrothermique du secteur d'étude (type Bagnouls et Gaussen).....	4
<b>Figure 3</b> : Carte hydrographique .....	5
<b>Figure 4</b> : Les domaines tectono - métamorphiques de Madagascar : (a) à gauche : Collins et al (2001) ; (b) à droite ; PGRM 2012.....	9
<b>Figure 5</b> : (A) Représentation des principales structures cassantes à Madagascar (Lardeaux J.M. et al, 1999) (B) Réseau de zone de cisaillement sur Madagascar (Martelat 1998 et al. 2000) .....	11
<b>Figure 6</b> : Carte géologique de la zone d'étude.....	13
<b>Figure 7</b> : Du Relief Résiduel d'Ambohiby.....	14
<b>Figure 8</b> : Les moyennes et basses collines convexes.....	15
<b>Figure 9</b> : Les moyennes et basses collines convexes.....	15
<b>Figure 10</b> : Basses collines à replat sommital d'Antsapanimahazo .....	16
<b>Figure 11</b> : Glacis IV criblé des lavaka (TsiroanomandidyFihaonana) .....	16
<b>Figure 12</b> : Organigramme de la méthodologie pour la réalisation de la mémoire.....	18
<b>Figure 13</b> : Profil pédologique .....	20
<b>Figure 14</b> : migmatite de la zone d'étude .....	24
<b>Figure 15</b> :Lame mince de migmatique : Quartz (Qz)-Plagioclase(Pl)-Microcline(Mc)-Mica(Mca).....	25
<b>Figure 16</b> : Syénite .....	26
<b>Figure 17</b> : Lame mince d'une syénite .....	26
<b>Figure 18</b> : Granite .....	27
LPA, 200x140mm.....	27
<b>Figure 19</b> : Lame mince d'un granite Observation.....	27
<b>Figure 20</b> : Pourcentage de superficie physique selon la morphologie (source : auteur).....	30
.....	31
<b>Figure 21</b> : Cartes des unités morphologiques du secteur .....	31
<b>Figure 23</b> : pourcentage de la superficie physique selon la pédologie (source : auteur ).....	42

## TABLE DE MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES TABLEAUX.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	ii
TABLE DE MATIERES .....	iii
LISTE DES ABREVIATIONS .....	vii
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE .....	2
I-1- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE.....	2
I-1-1- Localisation de la zone d'étude .....	2
I-1-2- Climatologie .....	4
I -1-2-1- Température.....	4
I -1-2-2- Pluviométrie .....	4
I-1-2-3- Hydrographie.....	5
I-1-3- Le Sol et la Végétation .....	6
I-1-4- Population et Economie.....	6
I-2- APERCU SUR LA GEOLOGIE DE MADAGASCAR .....	7
I-2-1- Les grands ensembles lithotectonique du socle de Madagascar .....	7
I-2-2- Les grandes lignes structurales du socle malgache .....	10
I-3- GEOLOGIE REGIONALE .....	12
I-3-1 Les roches métamorphiques.....	12
I-3-1-1 Migmatite .....	12
I-3-1-2- Gneiss .....	12
I-3-2- ROCHES MAGMATIQUES .....	12
I-3-2-1- Syénite .....	12
I-3-2-2 Diorite et gabbro.....	13
I-4- MORPHOLOGIE DE LA REGION .....	14
I-4-1- Reliefs résiduels .....	14
I-4-2- Les reliefs disséqués.....	14
I-4-3- La moyenne et basse croupe disséqués .....	15
I-4-4- Les moyennes et basses collines convexes.....	15
I-4-5- Les basses collines à replat sommital .....	15
I-4-6- Les glacis quaternaires.....	16
I-4-7- Le complexe de bas-fonds .....	16
I.5 PEDOLOGIE DU SECTEUR.....	17

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL .....	18
II-1- TRAVAUX PRELIMINAIRES .....	19
II-2- TRAVAUX SUR TERRAIN .....	19
II-3-ANALYSES EN LABORATOIRE.....	21
II-3-1-Analyse physique .....	21
II-3-2-Analyse chimique.....	21
II-3-2-1 Détermination du pH .....	21
II-3-2-2 Dosage de carbone organique .....	21
II-3-2-3 Détermination de l'azote Kjeldahl .....	22
II-3-2-4 Détermination des bases échangeables .....	22
II-3-2-5 Détermination de la capacité d'échange cationique .....	22
II-3-2-6 Détermination du phosphore assimilable .....	22
CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	24
III-1- PETROGRAPHIE DES FORMATIONS RENCONTREES DANS LA ZONE D'ETUDE .....	24
III-1-1- RESULTATS DES OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES ET MICROSCOPIQUE.....	24
III-1-1-1-Roches métamorphiques.....	24
III-1-1-1-1 Migmatite .....	24
III-1-1-1-2 Gneiss migmatitique .....	25
III-1-1-2-Roches magmatiques .....	25
III-1-1-2-1-Syénite quartzifère .....	25
III-1-1-2-2- Granite.....	26
III-2-MORPHOLOGIE DU SECTEUR.....	29
III-3- PEDOLOGIES .....	32
III-3-1 Typologie Des Sols.....	32
III.3.2 Classes des sols minéraux bruts .....	33
III.3.2.1 Définition .....	33
III.3.2.2 Classification.....	34
III.3.2.3 Répartition.....	34
III.3.3 Classe des sols peu évolués .....	34
III.3.3.1 Définition .....	34
III.3.3.2 Classification.....	34
III.3.3.2.1 sols peu évolués non climatiques d'érosion lithique (profil : AMBOHY1) .....	34
III.3.3.2.1.1 Caractères morphologiques .....	34
III.3.3.2.2 sols peu évoluées non climatiques d'apport alluvial hydromorphes (profil : MANDR 2) .....	35

III.3.3.2.2.1 Caractères morphologiques .....	35
III.3.3.2.2.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	35
III.3.4 Classe des sols à sesquioxydes de Fer .....	35
III.3.4.1 Définition .....	35
III.3.4.2 Classification.....	35
III.3.4.2.1 Sols ferrugineux tropicaux peu lessivé modal (profil : FIADANA 1) .....	36
III.3.4.2.1.1 Caractères morphologiques .....	36
III.3.4.2.1.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	36
III.3.5 Classe des sols ferrallitiques.....	36
III.3.5.1 Définition .....	36
III.3.5.2 Classification.....	36
III.3.5.2.1 Sous-classes des sols ferrallitiques moyennement désaturés en B .....	36
III.3.5.3 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols ferrallitiques .....	37
III.3.5.3.1 Sol ferrallitique moyennement désaturé rajeuni avec érosion et remaniement (profil : AMBR 1) .....	37
III.3.5.3.1.1 Caractères morphologiques .....	37
III.3.5.3.1.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	37
III.3.5.3.2 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique friable rouge (profil : ANKr 1) .	37
III.3.5.3.2.1 Caractères morphologiques .....	37
III.3.5.3.2.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	37
III.3.5.3.3 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure dégradé (profil : ANTSAHA 1) .....	38
III.3.5.3.3.1 Caractères morphologiques .....	38
III.3.5.3.3.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	38
III.3.5.3.4 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure polyédrique (profil : ALIKA 1) .....	38
III.3.5.3.4.1 Caractères morphologiques .....	38
III.3.5.3.4.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	38
III.3.5.3.5 Sol ferrallitique fortement désaturé rajeuni avec érosion et remaniement (profil : AMPANA 1).....	39
III.3.5.3.5.1 Caractères morphologiques .....	39
III.3.5.3.5.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	39
III.3.5.3.6 Sol ferrallitique fortement désaturé fortement rajeuni avec érosion et remaniement (profil : ANTSAHO 1) .....	39
III.3.5.3.6.1 Caractères morphologiques .....	39
III.3.5.3.6.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	39
III.3.6 Classe des sols hydromorphes.....	40

III.3.6.1 Définition .....	40
III.3.6.2 Classification .....	40
III.3.6.3 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols hydromorphes .....	41
III.3.6.3.1 Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à pseudogley de surface (profil : MANAMB1).....	41
III.3.6.3.1.1 Caractère morphologique .....	41
III.3.6.3.1.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	41
III.3.6.3.2 Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à stagnogley (profil : ANALATS2)41	
III.3.6.3.2.1 Caractère morphologique .....	41
III.3.6.3.2.2 Caractéristiques physico-chimiques.....	41
III-3-2 Caractéristique des typologies de sols.....	42
III-2 DISCUSSION .....	45
CONCLUSION .....	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIE.....	49
ANNEXE I : PREPARATION D'ECHANTILLON DE SOL.....	I
ANNEXE II : CLASSIFICATION DES PROFILS PEDOLOGIQUES.....	XII
ANNEXE III: NORME D'INTERPRÉTATION DES ANALYSES CHIMIQUES DE LA TERRE TAMISÉE A 2mm (RIQUIER, modifié par A.L.RAZAFINJARA <sup>1</sup> ) .....	XV

## LISTE DES ABREVIATIONS

AMPANA 1	: Ampanataovana
GPS	: Global Position Satellite
%	: Pourcent
° C	: Degré Celsius
ALIKA 1	: Ambohitralika
AMBOHY 1	: Ambohiby
AMBR 1	: Ambohidrangory
ANALATS 2	: Analatsifaka
ANKr 1	: Ankirano
ANTSAHO 1	: Antsahondra
ANTSAPA 1	: Antsapanimahazo
BD	: Base des Données
BRGM	: Bureau de Recherche Géologique et Minière
C.E.C	: Capacité d'échange cationique
C.P.C. S	: Commission Pédologique pour la Conservation des Sol
Cpx	: Clinopyroxène
Cr	: Chrome
Fe	: Fer
FIADANA 1	: Fiadanamanga
Fig	: Figure
Fk	: Feldspath Potassique
FoFiFa	: Foibe Fikarohana ho an'ny Fampandrosoana
FTM	: Foibe Tao-tsari-tany Malagasy
Ga	: Giga Année
H	: Hydrogène
KM <sup>2</sup>	: Kilomètre carré
LPA	: Lumière Polarisé Analysée
LPNA	: Lumière Polarisé Non Analysée
Ma	: Million d'année
MANDR 2	: Mandrosonoro
Mg	: Magnésium
O	: Oxygène
P.R.D	: Plan régional de Développement
PGRM	: Projet de Gouvernance de Ressources Minérales
Pl	: Plagioclase
Px	: Pyroxène
Q	: Quartz
RN1	: Route Nationale
U.V	: Ultraviolet
ZC	: Zone de cisaillement

## INTRODUCTION

Les deux tiers orientaux de Madagascar sont composés par un socle cristallin d'âge Précambrien tandis que le 1/3 de l'île est constitué par une couverture sédimentaire.

La zone faisant l'objet de cette l'étude, le terroir de Tsiroanomandidy, appartient à ce socle cristallin, dans la région du Bongolava.

La population dudit terroir se plaint actuellement de la dégradation physico-chimique des sols due à la morphologie et à la nature pétrographique des roches mères. La lithologie du terroir est dominée par des formations migmatitiques sur une pénéplaine des glaciaires d'âge Quaternaire constituée par des sols ferralitiques rouge friable, des sols ferralitiques à structure dégradée et par des sols ferralitiques à structure polyédrique.

L'objectif principal de ce mémoire est de mettre en évidence les rapports entre la pétrographie, la morphologie et la typologie du sol du terroir de Tsiroanomandidy afin de proposer un plan d'aménagement approprié. Des approches pétrographiques et morpho-pédologique seront utilisées pour atteindre ce but. Pour cela, il convient de formuler les hypothèses suivantes :

- le mode d'altération de la roche mère détermine la morphologie du secteur
- la nature pétrographique de la roche mère règle les caractéristiques physico-chimiques des sols.

Le chapitre premier de ce mémoire expose les généralités sur la zone d'étude, le second décrit la méthodologie adoptée et enfin, les deux derniers chapitres présentent les résultats des travaux effectués ainsi que leur interprétation et discussion.

# CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA ZONE D'ETUDE

## I-1- CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

### I-1-1- Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude se trouve dans le Moyen Ouest de Madagascar. Elle fait partie des hautes terres centrales. La région dans laquelle la zone d'étude appartient est la région du Bongolova. Elle fait partie du district de Tsiroanomandidy ( *fig1, pag.3*).

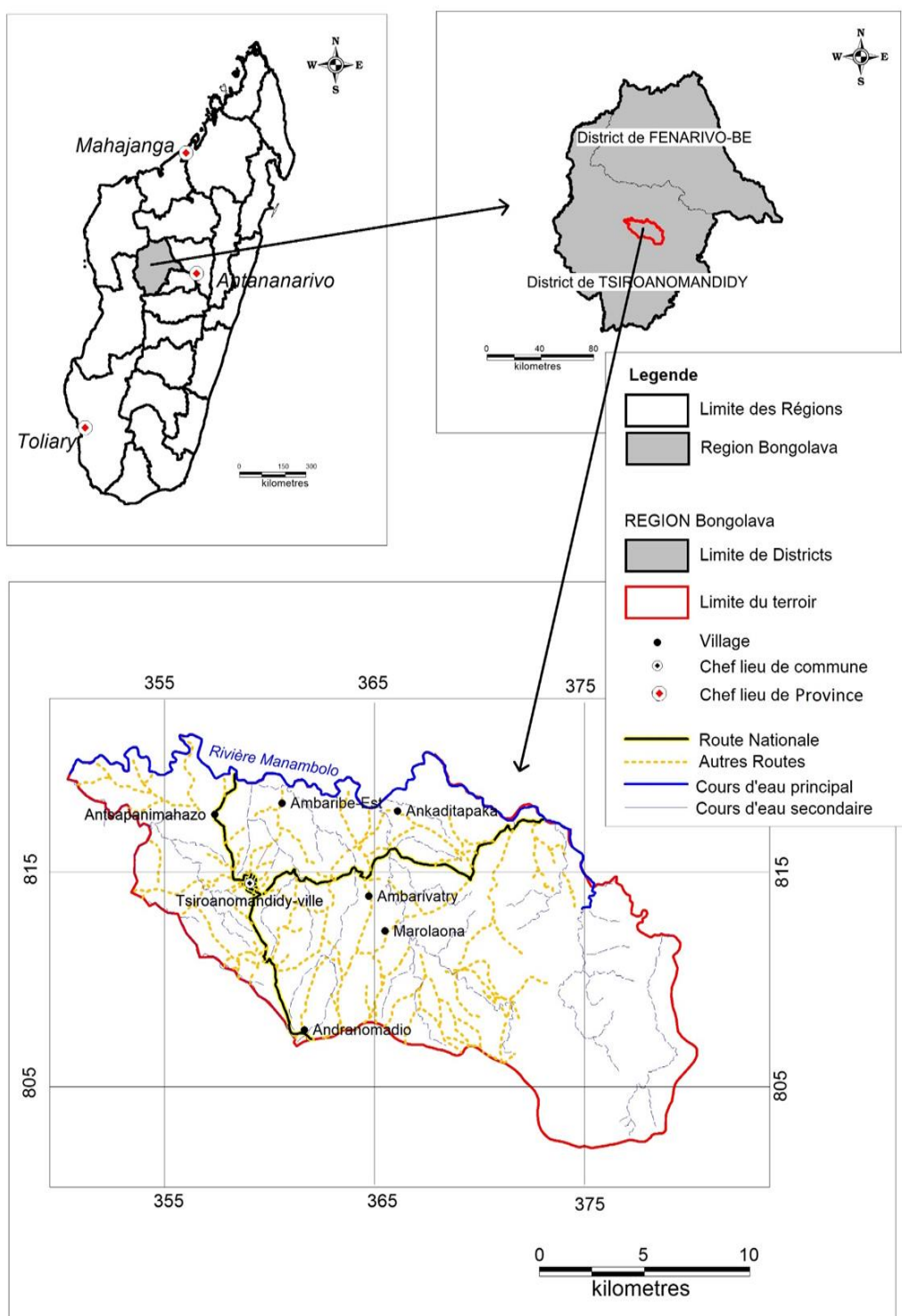
En suivant la Route Nationale RN1 bis, le secteur est situé à 210 km de la capitale (Antananarivo).

Sur le plan géographique, le secteur étudié est compris entre les coordonnées labordes suivantes ( *tableau1* ) :

**Tableau 1** : Coordonnées géographiques du secteur

Coordonnées Laborde Madagascar	
$X_{\min} = 314,42 \text{ km}$	$Y_{\min} = 800,22 \text{ km}$
$X_{\max} = 384,29 \text{ km}$	$Y_{\max} = 850,59 \text{ km}$





## I-1-2- Climatologie

### I -1-2-1- Température

Le secteur d'étude fait partie du régime climatique tropical d'altitude, supérieur à 900m. Elle est caractérisée par une température moyenne annuelle inférieure ou égale à 24° C. L'année comporte deux saisons bien individualisées, l'une pluvieuse (saison humide et chaude), novembre à mars avec une température moyenne qui varie de 25°C à 26°C et l'autre fraîche et sèche, mi-avril à mi-octobre avec une température moyenne qui varie de 20°C à 26°C (Tableau2).

**Tableau 2 : Température et pluviométrie moyenne mensuelle de l'année 2011 -2013**  
(source : service météorologique Antananarivo)

Mois	Jan.	Fév.	Mar s	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aou t	Sept	Oct.	Nov	Déc.
T°mo y	25,8	26,0	26,4	25,4	23,5	21,4	20,8	22,1	24,4	26,0	26,8	25,6
P (mm)	222,4	130,1	59,0	154,1	8,7	0,0	0,0	13,7	4,2	76,8	78,3	146,7

### I -1-2-2- Pluviométrie

La précipitation annuelle, de 2011 à 2013 est en moyenne de 893,7 mm et se concentre au mois de novembre à mars (*cf. figure 2*). La région est épargnée par les cyclones successifs qui frappent la Grande Ile.

Il faut en outre noter la présence fréquente de trous pluviométriques (*tableau 2*) qui durent un à plusieurs mois (juin – juillet) pendant la saison sèche (Pluviométrie = 0).

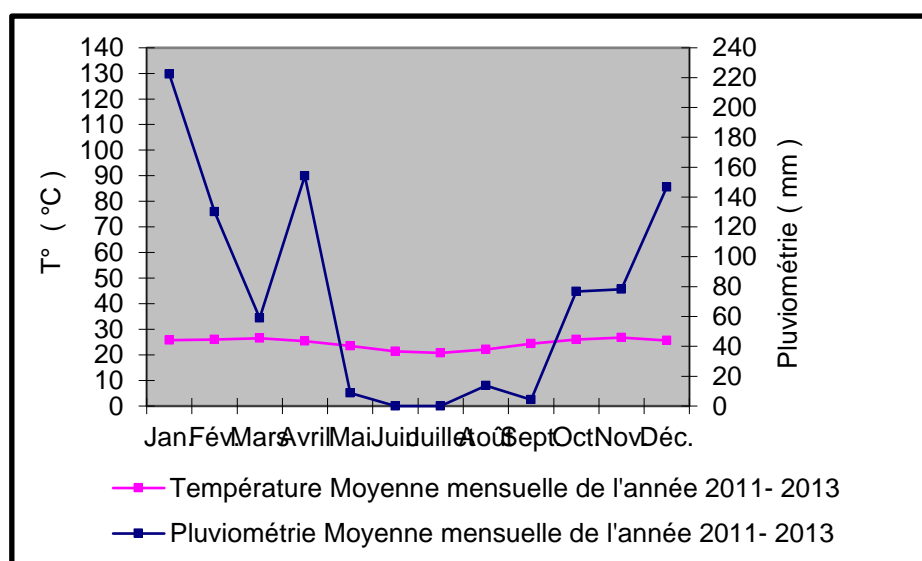
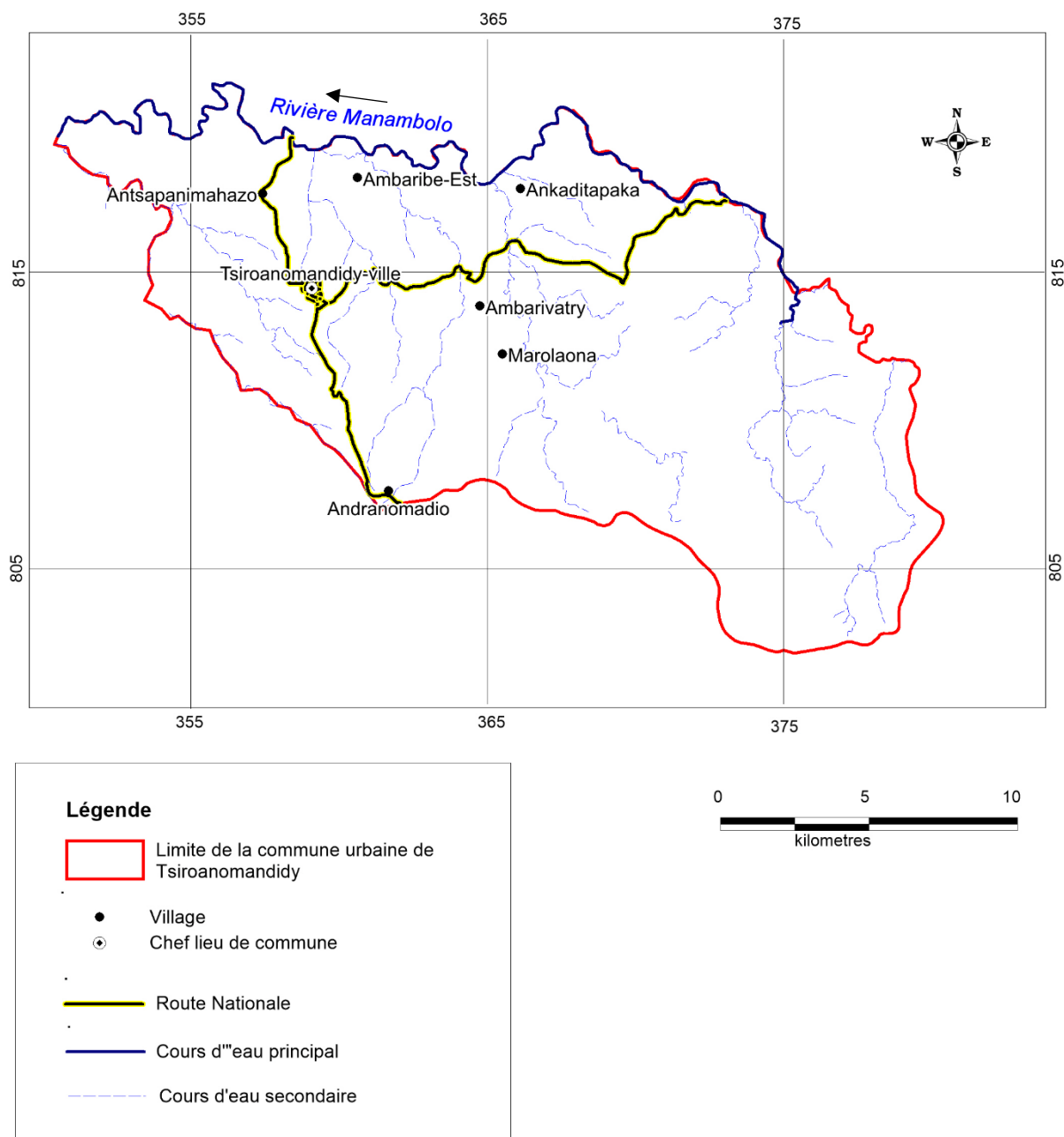


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique du secteur d'étude (type Bagnouls et Gaussen)

### I-1-2-3- Hydrographie

Les communes sont assez bien arrosées (*figure 3*). Tous les réseaux hydrographiques du secteur étudié font parties de la rivière de Manambolo qui coule vers l'Ouest.



**Figure 3 : Carte hydrographique**

### **I-1-3- Le Sol et la Végétation**

Une forte dominance des sols ferralitiques couverts par une faible couverture végétale est observée. Les sols ferralitiques couvrent une grande partie de la région. Ils sont d'évolution très diverse, allant des argiles latéritiques, relativement fertiles, jusqu'aux cuirasses des Tampoketsa, imperméables, dépouillées d'éléments utiles, crevassées de « lavaka ». Dans l'ensemble ces sols sont compacts, fragiles, difficiles à travailler. Néanmoins, convenablement amendés, ils peuvent porter du maïs, du manioc, et peuvent se prêter à la culture de pommes de terre et à l'arboriculture. (*P.R.D Bongolava, 2004*)

Les sols alluviaux, n'occupant qu'une place restreinte, se rencontrent dans les cuvettes. Dans le Moyen-Ouest, ils sont essentiellement réservés à la riziculture. Les sols de la région de Bongolava se dégradent rapidement surtout ceux aux alentours de Tsiroanomandidy à cause de leur exploitation incessante au fil des années nécessitant des apports d'amendements chimiques et surtout organiques.

Les sols de tanety en table sont soit du type ferralitique brun jaune développés sur les surfaces d'aplanissement du tertiaire, soit du type ferralitique brun rouge formés à partir des glacis quaternaires. Ils sont reconnus pour leur bonne capacité d'échange et donnent en général de bons rendements aux cultures pluviales classiques de tanety, mais la faible profondeur de l'horizon organique nécessite l'apport d'engrais. Ce terroir de plateaux à forte dominante graminée subit de façon chronique des feux de brousse. Les sols de bas-fonds sont du type hydromorphes minéraux à moyennement organiques aptes avant tout à la riziculture irriguée, puis aux cultures de contre-saison (légumineuses, cultures maraîchères et fourragères), sous réserve de possibilités d'irrigation.

En matière de couverture végétale, la région est caractérisée par des formations graminées ou savanes. Presque tout le Moyen Ouest est constitué de savanes herbeuses à *Hyparrhénia rufa* (Vero) et à *Hétéropogon contortus* (Danga). Ce sont des zones souvent victimes de passage de feux de brousse et utilisées comme zone d'élevage extensif.

Dans les bas-fonds, on rencontre des marais à joncs et parfois à Viha, quelques vestiges de forêts galeries qui sont en voie de disparition. (*P.R.D Bongolava, 2004*)

### **I-1-4- Population et Economie**

L'économie de la région repose essentiellement sur l'agriculture sur l'élevage des zébus et des porcs et l'exploitation minière.

La principale ressource agricole du secteur est le riz. En riziculture, la culture de deuxième saison demeure la plus courante. On distingue deux types de riziculture : riziculture irriguée sur les bas-fonds et riziculture pluviale sur tanety. (*P.R.D Bongolava, 2004*)

## **I-2- APERCU SUR LA GEOLOGIE DE MADAGASCAR**

### **I-2-1- Les grands ensembles lithotectonique du socle de Madagascar**

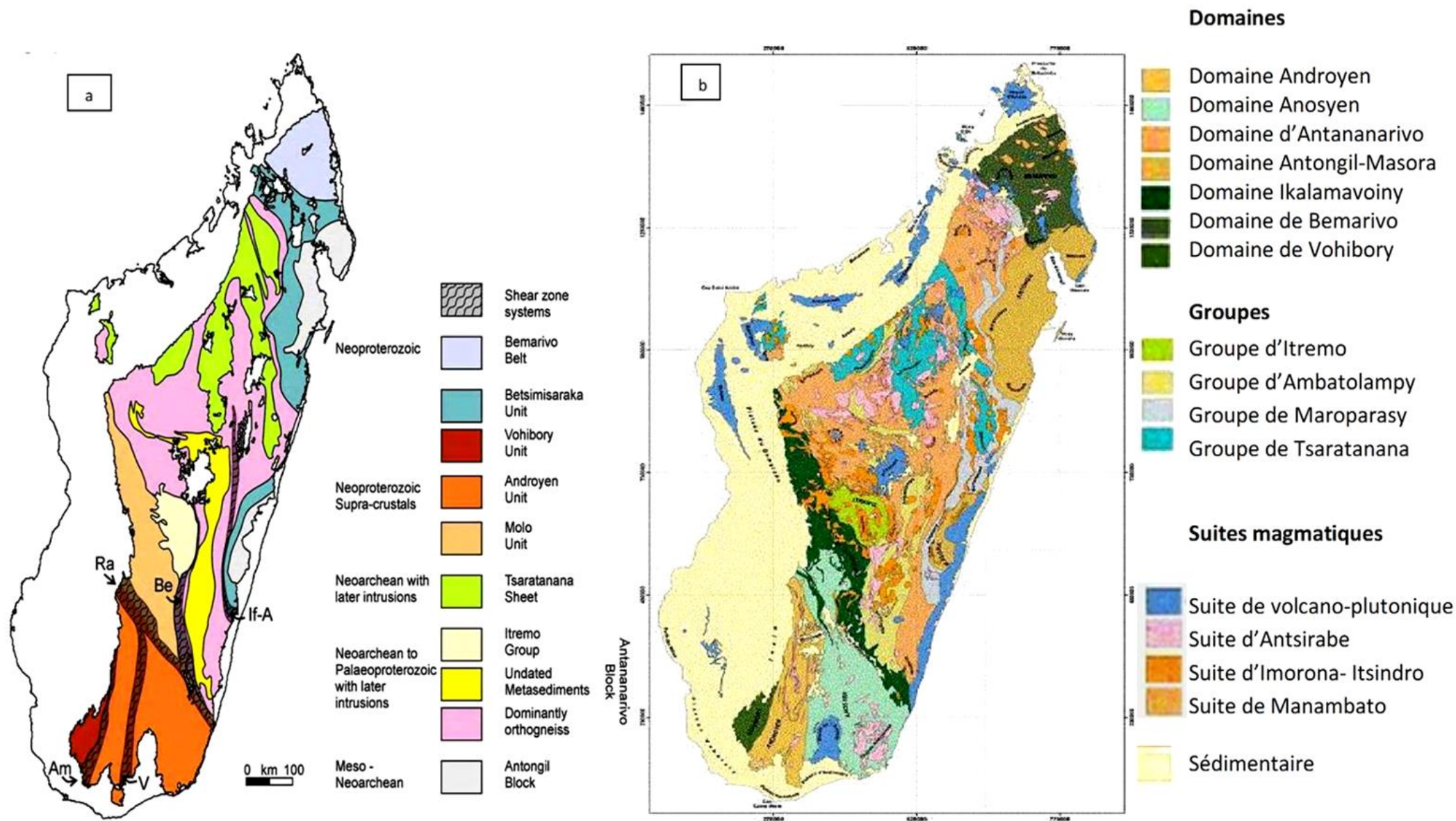
Le socle Précambrien se compose d'une grande variété de lithologies, d'âge Archéen à fini-Protérozoïque (~3.2 Ga à 530 Ma). Il a été subdivisé en plusieurs ensembles dès les travaux pionniers de *Bésairie H. (1963, 1970)*, réalisés avec la contribution du BRGM. Au début de l'Archéen, la subdivision était essentiellement basée sur une vision plutôt stratigraphique. Revue sous l'angle tectonique et structurale, cette classification a été réinterprétée en considérant les événements tectono-métamorphiques qui replacent Madagascar dans son contexte géodynamique mondial. Ainsi, depuis l'année 2000, des modèles de découpage tectono-métamorphique ont été proposés par plusieurs auteurs (*Hottin, 1972 ; Collins et al., 2001, 2006*) *Tableau 3 et fig.4a. p8 et p9.*

Plus tard, en 2008 - 2012, des recherches multidisciplinaires dans le cadre du PGRM aboutissent à un nouveau modèle, qui propose six domaines géologiques dont deux sont subdivisés en sous-domaines. Ces domaines sont définis par des suites (méta) plutoniques ; des groupes (méta) sédimentaires et par une histoire géodynamique particulière.

**Tableau 3 :** Découpage du socle cristallin malgache selon les travaux de Collins et du PGRM)

COLLINS (2006)	PGRM (2008-2012)			
Unité tectonique	Domaine	Sous -Domaine	Suite	Groupe
1) BLOC D'ANTONGIL	Antongil-Masora	Antongil	-Suite de Masoala -Suite de Masindray -suites de Beheloka / Ranomena / Ankavanana -Suite de Nosy-Bohara	-Groupe de Fenoarivo -Groupe d'Ambodiriana -Groupe de Mananara -Groupe d'Androrona
		Masora	-suite de Nosy Bohara	-Groupe de Vohilava-Nosivolo (paragneiss) -Groupe de Maha
2) BLOC D'ANTANANARIVO • NAPPE D'ITREMO  3) NAPPE DE TSARATANANA	Antananarivo	Complexe de Tsaratanana	-Suite de Betsiboka -Suite d'Imorona-Itsindro -Suite d'Ambalavao-Kiangara-Maevarano	-Groupe de Sofia -Groupe de Vondrozo -Groupe d'Itremo -Groupe de Manampotsy -Groupe d'Ambatolampy
4) CEINTURE MÉTASEDIMENTAIRE NÉOPROTÉROZIQUE • UNITÉ DE BETSIMISARAKA • ANDROYEN • VOHIBORY	Ikalavavony			
	Androyen-Anosyen	Sous-domaine Androyen		-Groupe de Taolagnaro -Groupe de Tranomaro
		Sous-domaine Anosyen		-Groupe d'Imaloto, Mangoky -Groupe de Tranomaro
	Vohibory		-Suite de Vohitany -Suite de Marasavao	-Groupe de Linta -Groupe Mahafaly -Groupe de Gogogogo
5) CEINTURE DE BEMARIVO	Bemarivo		-Suite d'Antsirabe-Nord -Suite de Manambato -Suite d'Antsirabe-Nord -Suite de Manambato	-Groupe de Daraina-Milanoa -Groupe de Sambirano-Sahantaha





**Figure 4 :** Les domaines tectono - métamorphiques de Madagascar : (a) à gauche : Collins et al (2001) ; (b) à droite ; PGRM 2012

### **I-2-2- Les grandes lignes structurales du socle malgache**

Les travaux de photo-interprétation, couplés d'analyses des cartes géologiques et de terrain, ont permis l'identification des principales structures cassantes (*Fig 4A*) et sept importantes zones de cisaillement (ZC) (*Fig 4B*) à la page 11.

Une zone de cisaillement est une zone de déformation intense se produisant au sein de la croûte et du manteau. Elle traduit une déformation hétérogène et continue de la roche, principalement dans le domaine ductile, où le fort taux de déformation de la zone de cisaillement contraste avec celui de la roche encaissante, très peu déformée. Ces objets, présents à toutes les échelles au sein de la lithosphère, sont marqués par d'importants changements minéralogiques, chimiques et texturaux de la roche initiale

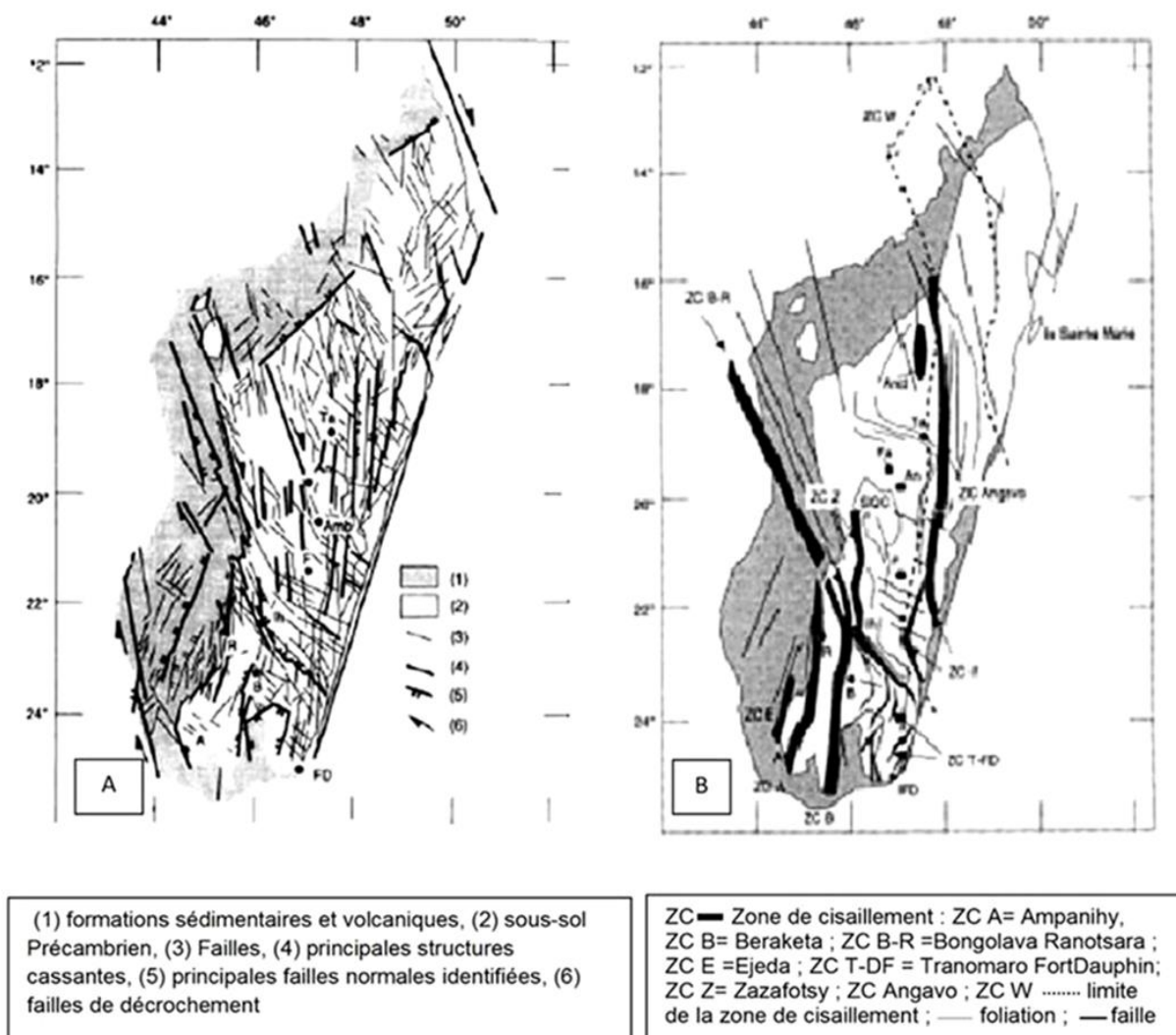
- a) La ZC de l'Angavo (*Windley et al. 1994 ; Nédélec et al. 2000, Grégoire et al. 2009*) qui se prolonge au Sud par la ZC d'Ifanadiana (*Martelat et al. 2000*),
- b) La ZC d'Ejeda
- c) La ZC d'Ampanihy
- d) La ZC de Beraketa,
- e) La ZC de Tranomaro
- f) Et la ZC de Zazafotsy

Les principales directions structurales du socle sont subparallèles au grand axe de l'île, c'est-à-dire NNE-SSW. Auparavant interprétée comme une zone de méga-cisaillement qui recoupe le socle vers le sud de Madagascar (*Martelat et al. 2000*), la ligne Bongolova-Ranotsara, ou plus précisément la ligne Bongolava, est redéfinie sous un nouveau point de vue. Il s'agit d'une structure composite avec une zone de déflexion confinée à son segment central et comportant d'importantes failles NW-SE le long de la majeure partie de sa longueur.

Au Nord de la Ligne de Bongolava – Ranotsara, ont été identifiées des intrusions magmatiques datées à 700 - 800 Ma et 1008 Ma (*Rakotoarimanana D., 2001*), qui ne se retrouvent pas dans la zone Sud. C'est sur cet argument que la structure de Bongolava – Ranotsara est proposée comme une limite tectonique majeure mettant au contact des unités Nord et Sud différentes.

La virgation d'Antananarivo, structure senestre transpressive E-W, est recoupée à l'angle droit par la zone de cisaillement d'Angavo (*Nédélec A., Ralison B., 2000*).





**Figure 5 :** (A) Représentation des principales structures cassantes à Madagascar (Lardeaux J.M. et al, 1999) (B) Réseau de zone de cisaillement sur Madagascar (Martelat 1998 et al. 2000)

### **I-3- GEOLOGIE REGIONALE**

La majeure partie de la région étudiée est constituée par des migmatites et des granites migmatitiques. Selon la nouvelle cartographie des domaines tectono-métamorphique du PGRM, la zone appartient au domaine d'Antananarivo. Pendant la descente sur terrain, nous avons rencontré les trois formations.

#### **I-3-1 Les roches métamorphiques**

##### **I-3-1-1 Migmatite**

La série migmatitique constitue le fond de la zone étudiée, parfois migmatites granitoïdes et/ou granites migmatitiques.

Les migmatites se caractérisent par leurs lits plus ou moins réguliers et parallèles formés par la trame amphibolique ou micacée et l'injection quartzo-feldspathique. Elles sont souvent à biotite et/ou à amphibole et généralement avec des grains pouvant être fins, moyens ou grossiers. Elles occupent la majeure partie de la pénéplaine de Tsiroanomandidy mais sous forme de petits affleurements discontinus du fait de la latérisation intense de la région.

Les migmatites granitoïdes passent insensiblement en concordance avec les granites migmatitiques et affleurent aussi bien dans la vallée que sur les collines et les plateaux. Ces roches se présentent en lits irréguliers et discontinus, à grains moyens à grossiers formant des massifs importants. La schistosité devient ainsi moins nette voire même absente dans certain cas.

##### **I-3-1-2- Gneiss**

Ils se présentent sous des aspects variés : gneiss fins, gneiss grossiers, gneiss leucocrates à gros nodules de sillimanite.

#### **I-3-2- ROCHES MAGMATIQUES**

##### **I-3-2-1- Syénite**

On la rencontre associée à des granites alcalins dans le complexe intrusif d'Ambohiby. Il présente des grains grossiers. Les cristaux de feldspaths sont légèrement colorés.

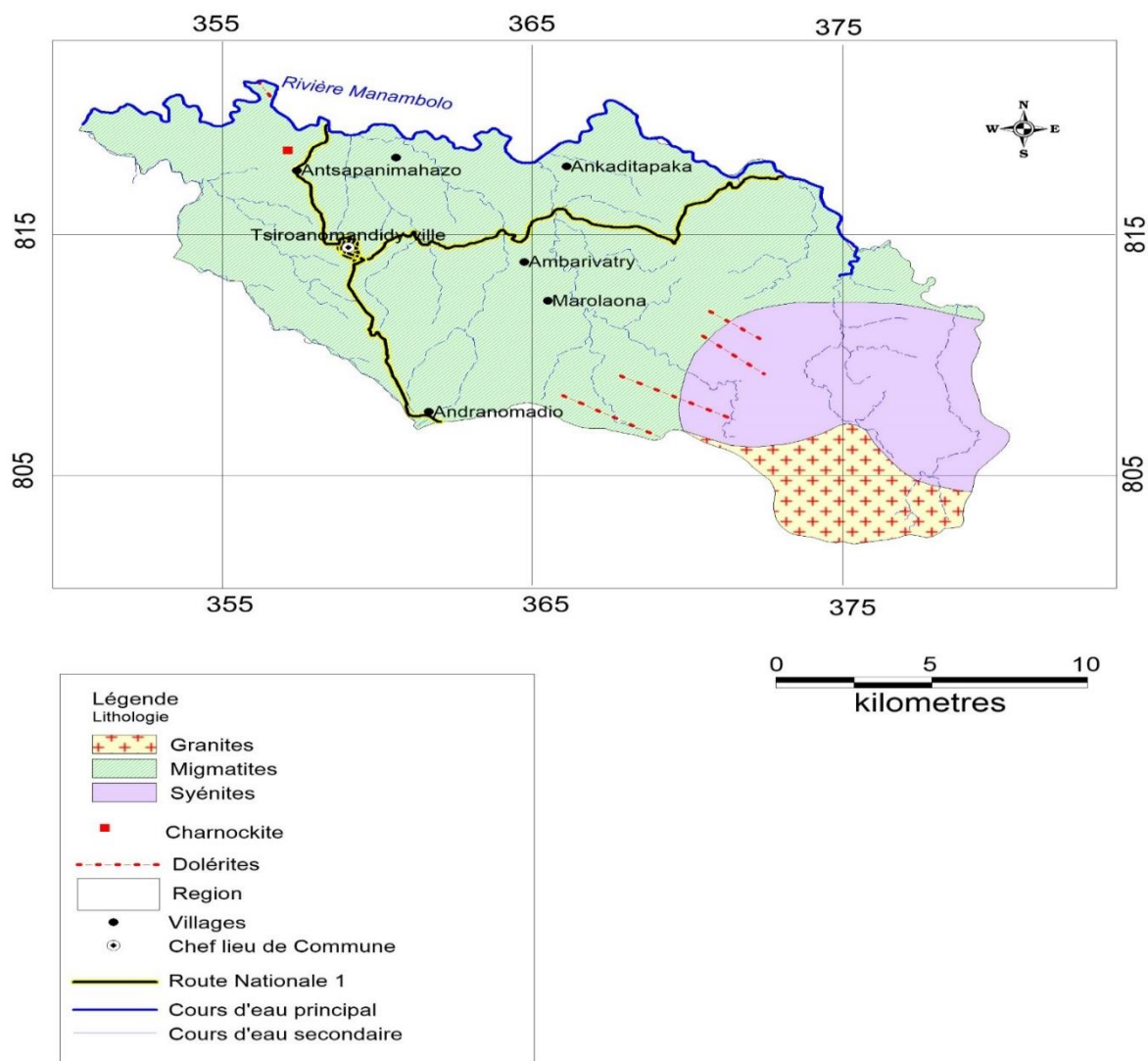
Complexe Intrusif d'Ambohiby.

Le socle antécambrien est traversé par des intrusions récentes : le complexe intrusif d'Ambohiby. Le massif d'Ambohiby plus développé de 14 km de diamètre, est une composition plus complexe. C'est un granite alcalin à ægyrine, (RAKOTOARISON W. 1959, WELTER C. 1959 ; MARCHAL J. 1959), associé à des syénites. Un cortège filonien important entoure le massif d'Ambohiby : rhyolites, basaltes (RAKOTOARISON W. 1959, WELTER C. 1959 ; MARCHAL J. 1959). Le caractère dominant de l'ensemble de toutes les roches du massif (massif d'Ambohiby) ou des filons est leur tendance alcaline marquée par la présence d'ægyrine. Ces intrusions ne sont pas datées mais elles sont probablement d'âge récentes (Crétacé ou Eocène).

Dans le quart Sud –Est de la carte, le complexe intrusif d’Ambohiby occupe une zone importante.

### I-3-2-2 Diorite et gabbro

Ce sont des roches éruptives anciennes, reprises dans le métamorphisme. Elles sont caractérisées par une ouralitisaion générale des pyroxènes (hyperstène), torsion des plagioclases, présence de biotite. Leur structure est toujours plus ou moins ophitique.



**Figure 6 : Carte géologique de la zone d'étude**

#### **I-4- MORPHOLOGIE DE LA REGION**

Sept (7) unités morphologiques peuvent être identifiées dans le secteur étudié.

Il s'agit des reliefs résiduels ; des reliefs disséqués ; des moyennes et basses croupes disséquées ; des moyennes et basses collines convexes ; des basses collines à replat sommital ; des glacis quaternaires ; du complexe de bas-fonds.

C'est la reprise d'érosion quaternaire qui a conduit les zones d'affleurements des gneiss, des migmatites et des gabbros anciens (roches facilement alterable) : à des moyennes et basses croupes disséquées ; à des moyennes et basses collines convexes ; à des basses collines à replat sommital et à des glacis quaternaires (*Biro P., 1963*).

Les reliefs résiduels sont portés soit par des granites (roches éruptives, roches difficilement altérables), tandis que, les reliefs disséqués sont portés par des syénites (roches moyennement altérables).

Les basses collines et basses croupes dans le secteur étudié se trouvent dans l'altitude inférieure à 975 m d'altitude. Par contre, les moyennes collines et les moyennes croupes se trouvent dans l'altitude comprise entre 1000 - 1400 m.

##### **I-4-1- Reliefs résiduels**

Ils sont caractérisés par la présence des boules de roche saine sur les versants et l'absence des lavakas (cf. photographie 7). Ces reliefs sont caractérisés aussi par ses versants abrupts, ses bas-fonds réduits et son altitude qui varie entre 1400 – 1600 m.



**Figure 7 : Relief résiduel d'Ambohiby**

##### **I-4-2- Les reliefs disséqués**

Ils sont caractérisés par la présence de lavaka sur les versants ses bas-fonds peu étendus et son altitude qui varie entre 1000 m – 1300 m.

#### **I-4-3- La moyenne et basse croupe disséquées**

Elles sont caractérisées par sa partie sommitale en forme de demi-orange, la présence de lavaka sur les versants, son bas-fond peu étendu et son altitude qui varie entre 700 m à 1000 m (*Figure 8*).



**Figure 8 :** *Les moyennes et basses collines convexes*

#### **I-4-4- Les moyennes et basses collines convexes**

Elles sont caractérisées par sa partie sommitale convexe et par son altitude qui varie entre 800m à 1000 m.



**Figure 9 :** *Les moyennes et basses collines convexes*

#### **I-4-5- Les basses collines à replat sommital**

Comme leur nom l'indique, elles sont caractérisées par une partie sommitale aplanie et une altitude qui varie entre 775 m à 875 m.





**Figure 10 :** Basses collines à replat sommital d'Antsapanimahazo

#### **I-4-6- Les glacis quaternaires**

Le modelé se présente sous la forme de bas plateaux disséqués par le système hydrographique. La zone de raccord entre les replats sommitaux et les bas-fonds se fait brutalement par des versants abrupts et convexes avec des pentes fortes pouvant dépasser 80%. Mais la pente longitudinale, inférieure à 5%, reste orientée vers les axes hydrographiques principaux (Randriamboavonjy J.C. 1996). On peut observer des témoins plus ou moins disséqués à l'altitude de 700 à 1000 m (**Fig 11**).



**Figure 11 :** Glacis IV criblé des lavaka (TsiroanomandidyFihaonana)

#### **I-4-7- Le complexe de bas-fonds**

Dans les bas-fonds étroits de collines et de croupes disséquées, on a une prédominance de sols peu évolués et de sols hydromorphes riches en éléments minéraux ou peu organiques. L'abondance des lavaka entaillant les versants et l'érosion en nappe alimentent les bas-fonds en matériaux frais riches en minéraux (Randriamboavonjy J.C. 1996).

Dans la zone des glacis, les bas de pente sont occupés généralement par des sols ferrallitiques à structure polyédrique, parfois plus ou moins hydromorphes sur colluvions. Les

bas-fonds proprement dits sont occupés par des sols hydromorphes plus ou moins organiques à gley (*Randriamboavonjy J.C. 1996*).

En bordure des vallées plus étendues, le creusement des bas-fonds a fait émerger certaines zones formées de buttes sableuses surélevées de quelques mètres au-dessus des dépôts actuels ; ces buttes portent des sols à gley lessivés (*Randriamboavonjy J.C. 1996*).

La carte suivante synthétise les unités morphologiques présentes dans la zone d'étude.

## **I.5 PEDOLOGIE DU SECTEUR**

Du point de vue pédologique, les sols ferrallitiques couvrent une grande partie du terroir. Ils sont crevassés de *lavaka* et du point de vue structure, ils sont compacts mais fragiles (*PRD Bongolava, 2004*).

Les sols alluviaux n'occupent qu'une place restreinte dans le secteur et se rencontrent en bordure de la rivière de Manambolo.

Les sols de *tanety*, sont reconnus pour leur bonne capacité d'échange et donnent en général de bons rendements aux cultures pluviales (*PRD Bongolava, 2004*). Mais, la faible profondeur de l'horizon organique nécessite un apport d'engrais. Ils sont de trois types : le type ferrallitique brun jaune développés sur les surfaces d'aplanissement ; le ferrallitique brun rouge formés sur les glacis ; et le type ferrallitique rajeunis et fortement rajeunis qui se développent sur les versants.

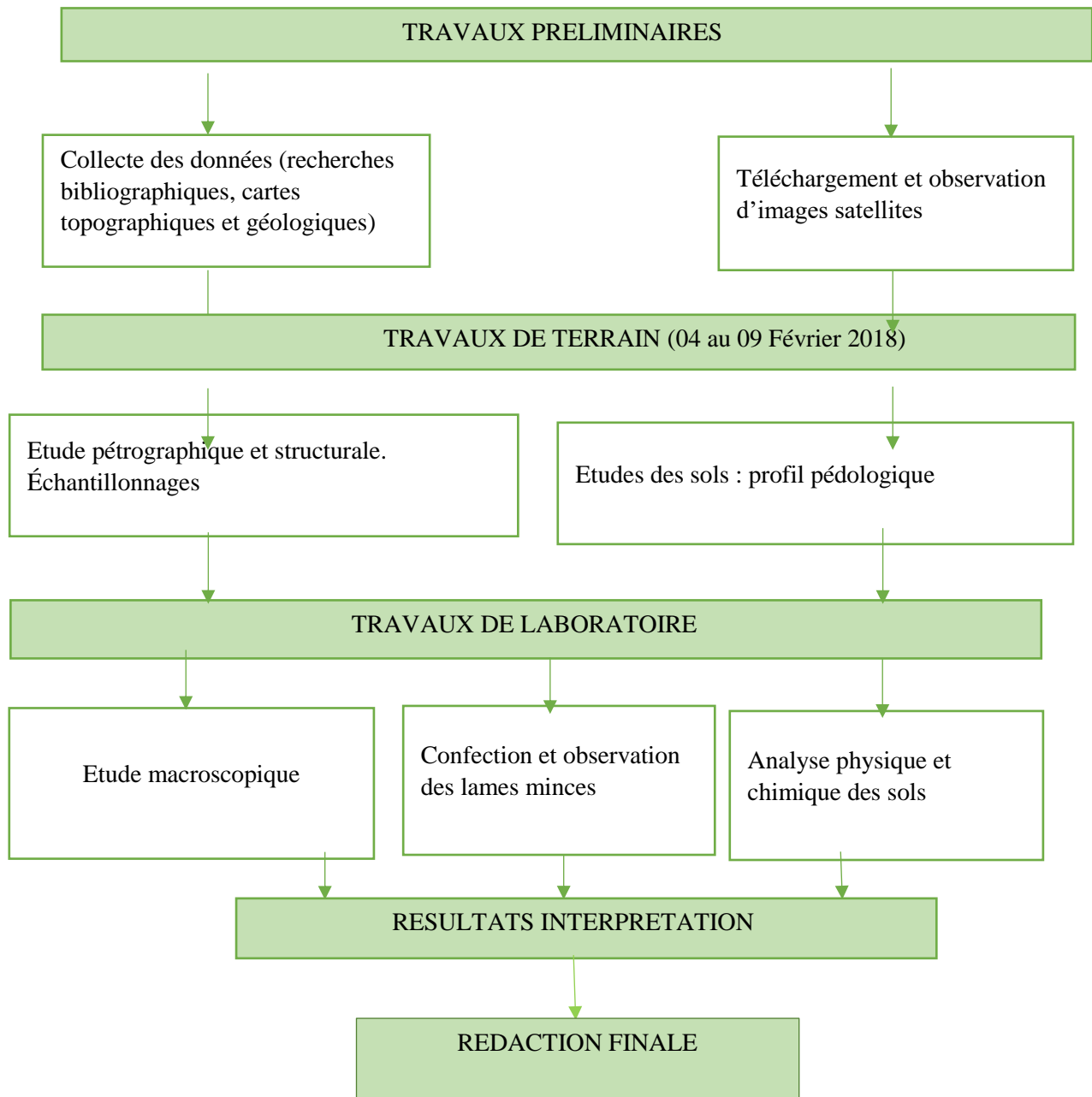
Ce terroir à une forte dominance en graminée (*Heteropogon contortus*) subit de façon chronique des feux de brousse.

Les sols de bas-fonds sont du type hydromorphes à minéraux moyennement organiques aptes avant tout à la riziculture irriguée, puis aux cultures de contre saison (légumineuses, cultures maraîchères et fourragères), sous réserve d'une possibilité d'irrigation (*PRD Bongolava, 2004*).

On verra dans la (*chapitre III, p.32*) les détails des différents types des sols rencontré dans le secteur étudié, avec les 10 profils pédologiques (tableau 5, *p34*) après les différentes analyses.

## CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Afin de bien mener à terme la rédaction de ce manuscrit, la démarche suivante a été appliquée (figure 12)



**Figure 12 :** Organigramme de la méthodologie pour la réalisation de la mémoire



## **II-1- TRAVAUX PRELIMINAIRES**

Cette étape consiste en :

- La compilation des données bibliographiques concernant la géologie et la minéralisation de la zone d'étude
- La collecte des supports tels que les cartes topographiques et géologiques, images satellites de la zone d'étude

La descente sur terrain nous a permis de vérifier toutes les données recueillies à partir de la synthèse bibliographique.

## **II-2- TRAVAUX SUR TERRAIN**

Cette méthode consiste à collecter plus d'informations possibles sur terrain. Pour ce faire, les étapes suivantes ont été suivies :

- Etudier de la structure de la roche (plissée, faillée, avec ou sans diaclase) afin d'établir leur relation spatio-temporelle.
- Effectuer des levés de directions et pendages des formations présentes
- Observer le type de végétation présente (indicateur de changement de formation)
- Etude des caractéristiques du sol (pédologie) pour les formations très altérées
- Echantillonnage et numérotation de l'échantillon (roches et sols). Pour le sol le prélèvement des échantillons commence par le bas du profil, en utilisant des outils bien nettoyés au préalable, afin de parer à tout risque de contamination. Il faut prélever sur tous les horizons décrits en mettant chaque échantillon pesant 1kg environ dans un sachet plastique propre portant une étiquette pour ne pas le confondre avec les autres. A chaque échantillon est attribué un sigle qui lui est propre.
- Description profil pédologique : la description des profils se fait sur des lavaka en formation ou sur des fosses pédologiques qui ont été mis en place dans une entité spatiale homogène et représentative de chaque unité morphologique, topographique et géologique.



**Figure 13 : Profil pédologique**

Chaque profil pédologique fait l'objet d'une caractérisation morphologique et physique. Il s'agit de décrire à l'aide d'une fiche préalablement établie les traits morphologiques et physiques principaux des horizons constitutifs.

Ce sont la couleur des horizons, la texture, la structure, la porosité, la consistance, le développement des racines dans divers horizons et l'activité biologique (MAIGNIEN R. 1968). Par ailleurs, d'autres critères tels que les conditions de drainage, l'humidité du sol, ainsi que la transition avec l'horizon sous-jacent ont été également prises en considération afin de mieux délimiter les divers horizons du sol.

La texture est appréciée sur le terrain et confirmée ultérieurement par une analyse granulométrique au laboratoire. Elle correspond à l'ensemble des propriétés résultant directement de la taille des constituants du sol. L'estimation effectuée lors de la description de l'horizon n'est qu'une prévision de la répartition granulométrique d'éléments minéraux de taille inférieure à 2 mm (MAIGNIEN R. 1968).

La structure est également appréciée sur le terrain. Elle est définie par la manière dont les particules élémentaires sont associées entre elles, formant ou non des agrégats. Un agrégat est l'unité naturelle tridimensionnelle d'un assemblage cohérent et défini de particules élémentaires (MAIGNIEN R. 1968).

Equipements : GPS, loupe, boussole, marteau géologique, une bêche, une mètre ruban, cartes topographique et géologique de 1/100.000, image satellitaire déjà traitée, appareil photo.

## **II-3-ANALYSES EN LABORATOIRE**

Une confection de lame mince des échantillons prélevés a été faite dans le but de déterminer les caractéristiques pétrologiques et pétrographiques des échantillons sous microscope polarisant. Cela permet d'observer et de déterminer les éléments constitutifs des roches.

Dix échantillons ont été prélevés pour effectuer les analyses au laboratoire.

Les analyses au laboratoire complètent les informations recueillies sur terrain et les informations issues de la description des profils. (*Annexe I et II*)

Les analyses au laboratoire permettent de déterminer la typologie des sols ; elle permet également d'évaluer les contraintes physico-chimiques des sols du secteur. Deux types d'analyses ont été ainsi effectués au laboratoire Pédologie du FOFIFA à Tsimbazaza : analyse physique et analyse chimique.

### **II-3-1-Analyse physique**

L'analyse physique effectuée au laboratoire s'est limitée uniquement à la granulométrie. Elle consiste à déterminer les proportions d'argile, de limons et de sable dans des échantillons de terre fine. La méthode utilisée est celle de *Bouyoucos* qui repose sur le principe de densimétrie (*annexe I*).

### **II-3-2-Analyse chimique**

Six types d'analyses ont été effectués pour chaque échantillon. Il s'agit de l'analyse de pH, de carbone organique, de l'azote total, des bases échangeables, de la capacité d'échange cationique et du phosphore assimilable (*annexe I*).

#### **II-3-2-1 Détermination du pH**

La mesure du pH permet de déterminer l'acidité du sol, c'est-à-dire, sa concentration en  $H^+$ . Elle a été faite à l'aide d'un pH mètre dans des échantillons de solutions de sol préparées avec de l'eau distillée (*annexe I*).

#### **II-3-2-2 Dosage de carbone organique**

Le dosage de carbone peut s'opérer par voie sèche ou combustion en déterminant le gaz carbonique  $CO_2$  provenant de la matière organique, mais également par voie humide en faisant agir sur le sol dans des conditions bien définies une quantité de corps oxydant.

On utilise une des méthodes par voie humide qui est celle de "*Walkley et Black*" (*annexe I*).

Le principe est la suivante : le carbone de la matière organique est oxydé par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique. On admet que l'oxygène consommé est proportionnel au carbone que l'on veut doser. L'excès de  $K_2Cr_2O_7$  sera à déterminer par dosage de  $FeSO_4$ .

### **II-3-2-3 Détermination de l'azote Kjeldahl**

Le dosage de l'azote dans le sol par la méthode Kjeldahl est pratiqué depuis très longtemps dans tous les laboratoires de recherches agronomiques.

Le principe est la suivante : le sol est attaqué à l'ébullition par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur (mélange de sulfate de cuivre et sulfate de potassium). La totalité de l'azote organique est transformé en sulfate d'ammoniaque. C'est l'ion ammonium qui est ensuite à doser. Le dosage se fait par colorimétrie (*annexe I*).

### **II-3-2-4 Détermination des bases échangeables**

Le déplacement des cations du sol est réalisé avec une solution normale et neutre d'acétate d'ammonium. L'extraction se fait par percolation. La solution du sol est ensuite filtrée à l'aide d'un papier filtre. Le dosage des cations basiques :  $\text{Na}^+$  ;  $\text{K}^+$  ;  $\text{Ca}^{2+}$  ;  $\text{Mg}^{2+}$  se fait par spectrophotométrie au moyen d'un spectromètre d'absorption atomique (*cf. annexe I*).

### **II-3-2-5 Détermination de la capacité d'échange cationique**

La détermination de la capacité d'échange cationique suit généralement la détermination des actions échangeables. Le principe consiste à saturer le sol par une solution de chlorure de sodium normale. L'ion sodium est fixé sur le complexe adsorbant tandis que l'ion ammonium est libéré. C'est l'ion ammonium qu'il faut doser pour connaître la C.E.C. Le dosage se fait par colorimétrie (*annexe I*).

### **II-3-2-6 Détermination du phosphore assimilable**

Le phosphore est un élément très important qui est souvent un facteur limitant pour la production végétale et qui joue un rôle spécifique dans le métabolisme chimique et biologique du sol. Il convient de déterminer sa teneur. Le dosage se fait au spectrophotomètre U.V Visible (*annexe I*).

### **Limite de l'étude**

La première limite de l'étude repose sur le problème sur la contestation et la protestation contre l'exploitation minier à Soamahamanina. Ce problème a affecté lors du prélèvement des échantillons. Il nous rend difficile, parfois impossible le prélèvement des échantillons dans les sites près du village.

La deuxième limite concerne l'état des pistes en terre et les difficultés d'accès aux sites. Les quantités des échantillons collectées sont limitées.

La troisième limite de l'étude se base sur l'observation des pertes en terre proprement dit. L'observation de ce phénomène se fait uniquement en période pluvieuse, or, pendant cette période, l'accès au site devient difficile même à pied, notre tâche est compliquée en cette période.

La quatrième limite est le risque que nous avons encouru due à l'accroissement du phénomène des vols de zébus. A cause d'augmentation de ce fléau, l'insécurité règne dans la zone d'étude.

## CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### III-1- PETROGRAPHIE DES FORMATIONS RENCONTREES DANS LA ZONE D'ETUDE

Trois échantillons de roches jugées représentatives des formations existantes dans la zone d'étude ont été observés sous lame mince, ce sont les :

Migmatite (Se18 1a) : X349133 ; Y778767

Syénite (Se18 2) : X346141 ; Y777551

Granite (Se18 5) : X345994 ; Y778079.

#### III-1-1- RESULTATS DES OBSERVATIONS MACROSCOPIQUES ET MICROSCOPIQUE

##### III-1-1-1-Roches métamorphiques

##### III-1-1-1-1 Migmatite

###### ❖ Description macroscopique

Ce sont des roches qui, à l'échelle d'un affleurement, présentent une texture et une structure intermédiaire à celles de granite et celles de gneiss. On les rencontre en débit en boules au sein d'une formation latéritique. Elles résultent d'un début de fusion partielle, dans les parties profondes des chaînes de collision (début du processus d'anatexie).

On distingue deux types de migmatites selon le taux de fusion partielle tels que le leucosome (partie claire de la roche) qui correspond au liquide anatectique recristallisé sous une proportion de 1/3 de quartz, 1/3 de feldspath potassique, 1/3 de plagioclase (composition d'un granite). La taille des cristaux est nettement supérieure à celle des cristaux du paléosome, le mélanosome (partie sombre de la roche) qui correspond aux minéraux les plus réfractaires qui n'ont pas fondu (biotite, sillimanite, cordiérite). Il est situé en bordure du leucosomes.



**Figure 14 : migmatite de la zone d'étude**

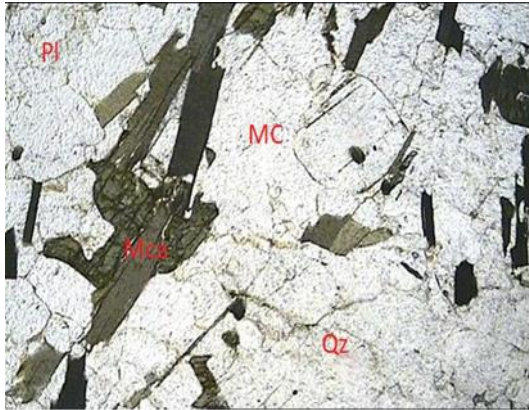
###### ❖ Description microscopique

Les migmatites granitoïdes sont des roches leucocrates, pauvres en éléments colorés et montrent un caractère gneissique. Ce sont des roches généralement calco-alcalins. Les

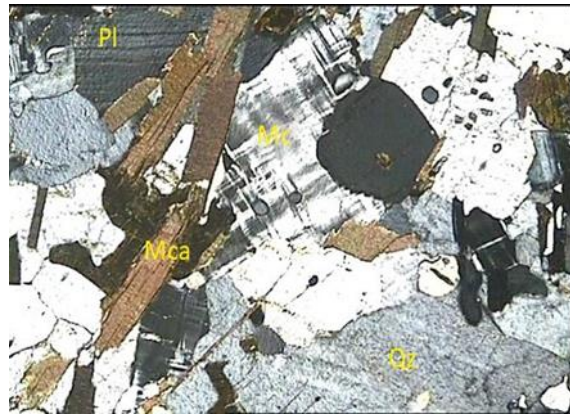
ferromagnésiens sont disposés en taches étirées et alignées et non plus en lit continu. Les quartz montrent des plaques imbriquées en lame mince.

Les minéraux constitutifs de la migmatite sont Quartz (Qz), Pyroxène(Px), Mica(Mca), biotite, Plagioclase(Pl), Microcline(Mc)

LAME SE 18 1A : Migmatite



Observation LPNA, 200x140mm



Observation LPA, 200x140mm

**Figure 15 :** Lame mince de migmatique : Quartz (Qz)-Plagioclase (Pl)-Microcline (Mc)-Mica (Mca)

### III-1-1-1-2 Gneiss migmatitique

C'est une roche mésocrate, litée à grain moyens. Elle est généralement altérée et difficile à confectionner des lames avec. Les gneiss se métamorphisent dans une zone de métamorphisme à une intensité plus élevée ou catazone. Ils sont constitués Quartz (Qz), Pyroxène (Px), Mica (Mca) ; biotite, Plagioclase (Pl), Microcline (Mc).

### III-1-1-2-Roches magmatiques

#### III-1-1-2-1-Syénite quartzifère

##### ❖ Description macroscopique

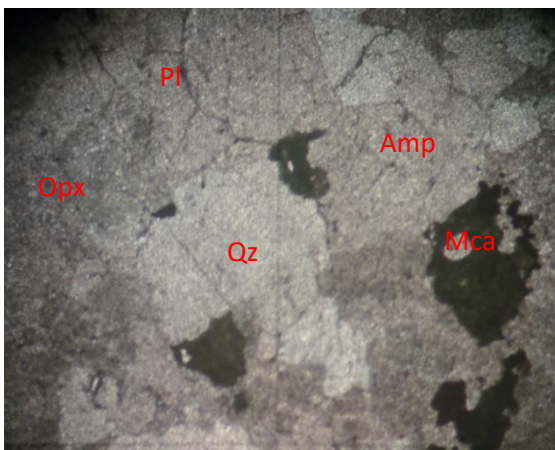
A première vue, la syénite est de couleur grise et les minéraux qui les constituent peuvent se reconnaître à l'œil nu. Elle est constituée essentiellement de feldspaths alcalins et sodiques. Elle peut être appelée syénite quartzifère due à son pourcentage en quartz qui est supérieur à 10%. Elle peut contenir des minéraux ferromagnésiens comme le pyroxène, amphibole et biotite.



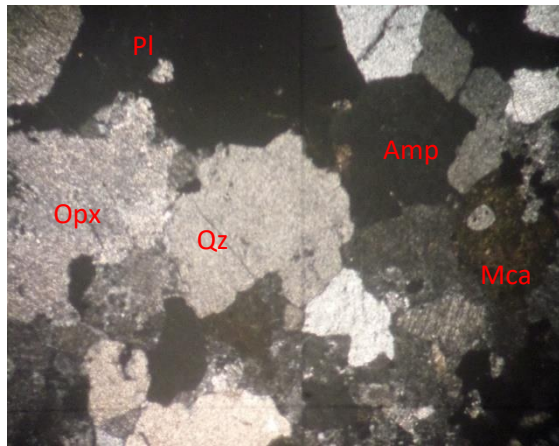


**Figure 16 : Syénite**

❖ Description microscopique



Observation LPA, 200x140mm  
200x140mm



Observation LPNA,

**Figure 17 : Lame mince d'une syénite**

Quartz(Qz)-Feldspath : plagioclase(Pl) Mica(Mca) : biotite-Pyroxène(Opx)-Amphibole(Am)

Les compositions minéralogiques pour le syénite (Lame SE18 2) sont les quartz(Qz), le feldspath, le plagioclase(Pl), le mica(Mca), le biotite, le pyroxène(Opx) et l'amphibole(Am).

### III-1-1-2-2- Granite

❖ Description macroscopique

Les granites rencontrés dans le secteur d'étude présentent une altération avancée. Ils ont une couleur vert grisâtre avec une texture terreuse de composition minéralogique : amphibole. Une oxydation en hématite a été observée.

A première vue, le granite présente une couleur patine marron, rouge, rouille probablement liée à une altération plus ou moins avancée de celui-ci, mais dans la partie saine, il est de couleur gris clair (mésocrate). La roche ne permet pas de distinguer facilement



les minéraux constitutifs de la roche ; néanmoins, on peut observer à l'œil nu quelques phénocristaux de feldspaths et de Quartz.



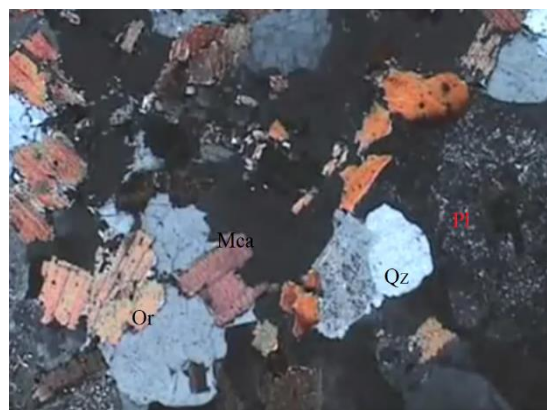
**Figure 18 : Granite**

❖ Description microscopique

La composition minéralogique observée pour le granite (**Lame SE18 5**) est le quartz(Qz), le feldspath, les plagioclases (Pl) , l'orthose (Or), le mica (Mca), le biotite, le pyroxène (Px)et l'amphibole(Am).



*Observation LPNA, 200x140mm*



*LPA, 200x140mm*

**Figure 19 : Lame mince d'un granite Observation**

Quartz (Qz)-Feldspath : plagioclase (Pl)-)Mica(Mca) : biotite-Pyroxène(Px)-Amphibole(Am)

L'observation microscopique permet de bien discerner correctement et d'identifier les minéraux qui constituent la roche.

Des grains bruns en LN, présentant de teinte vif en LP sont des grains de mica ou biotite et le grain incolore en LN et gris en LP ils peuvent présenter 2 plages juxtaposés de

teinte différente, ce type d'association entre 2 cristaux est une macle, celle-ci est appelé macle de Carlsbad, caractéristique du feldspath alcalin appelé orthose.

Les grains incolores en LN présentant une alternance de bandes gris sombre et gris clair en LP sont des Feldspath alcalin : plagioclase. Les grains de forme quelconque incolore en LN variant d'un gris très clair en gris foncé puis noir en LP sont des grains de quartz.

Le granite et la syénite présentent un pourcentage en orthose de 65 %, le mica (biotite) 5%, quartz 10% ,17% de plagioclase et 3% d'amphibole (Amp) on a une roche leucocrate.

Tandis que le migmatite son pourcentage en microcline (Mc) est de 25%, quartz (Qz) 20%, plagioclase (Pl) 25% et le mica (Mca)25% ce qui donne une roche plus ou moins sombre.

Les principaux minéraux composants nos échantillons observés au microscope polarisant sont :

1/ Quartz : il est facilement reconnaissable en lame mince. En LPNA il est toujours limpide et inaltéré et ne possède pas de clivage. Il présente des teintes de biréfringence grise ou blanche. Vu que le quartz est abondant dans les roches, il est utilisé avec les feldspaths pour juger l'épaisseur de la lame. En effet, lorsque sa couleur de biréfringence est jaunâtre on en déduit que la lame est légèrement trop épaisse.

2/ Feldspaths : ce sont les minéraux les plus fréquent de la croûte terrestre et comprennent deux séries :

- Feldspath alcalin : qui ont des compositions variant à celle de l'orthose  $[KAlSi_3O_8]$  à celle de l'albite  $[NaAlSi_3O_8]$

- Feldspath plagioclase : qui forment une série continue entre l'albite (pôle sodique  $[NaAlSi_3O_8]$ ) et l'anorthite (pôle calcique  $[CaAl_2Si_2O_8]$ ).

Tous les feldspaths ont un relief et une teinte de biréfringence assez basse. On peut donc facilement les reconnaître par leur couleur de biréfringence : le gris et le blanc.

Dans une lame un peu trop épaisse les feldspaths proches de l'anorthite présentent des teintes jaunâtres. Presque tous les feldspaths ont deux bons clivages et dans une lame ils semblent être perpendiculaires.

3/ Microcline : ses macles quadrillées rectangulaires dites communément en « jupe écossaise », très caractéristiques, sont très visibles sous observation en lame mince et suffit à son identification. Sur la lame SE181a

4/ Biotite : c'est un minéral à couleur d'absorption brune. La biotite a un clivage parfait et se clive en des minces feuillets flexibles. En observation sous lame mince ces clivages sont très facilement visibles et présentent des teintes de pléochroïsme évidentes brun-rouge-jaune (presque incolore). La couleur d'absorption est la plus visible lorsque les clivages sont parallèles au polariseur.

5/ Pyroxène : les pyroxènes sont des ferromagnésiens et leur couleur varie selon la composition chimique. Les pyroxènes de teintes foncés sont associés à l'abondance de Fe dans la composition tandis que ceux de teintes claires sont associées à l'abondance de Mg. Les cristaux de pyroxènes sont généralement de forme prismatique plus ou moins trapu. Le groupe des pyroxènes est le représentant des inosilicates à chaînes simple.

### III-2-MORPHOLOGIE DU SECTEUR

Le pourcentage de la superficie occupée par les unités morphologiques a été pris en compte pour pouvoir identifier la morphologie du secteur étudié. Le *tableau 4* et la *figure 20* (p30) présentent ce pourcentage.

**Tableau 4** : Pourcentage de superficie physique selon la morphologie (source : auteur)

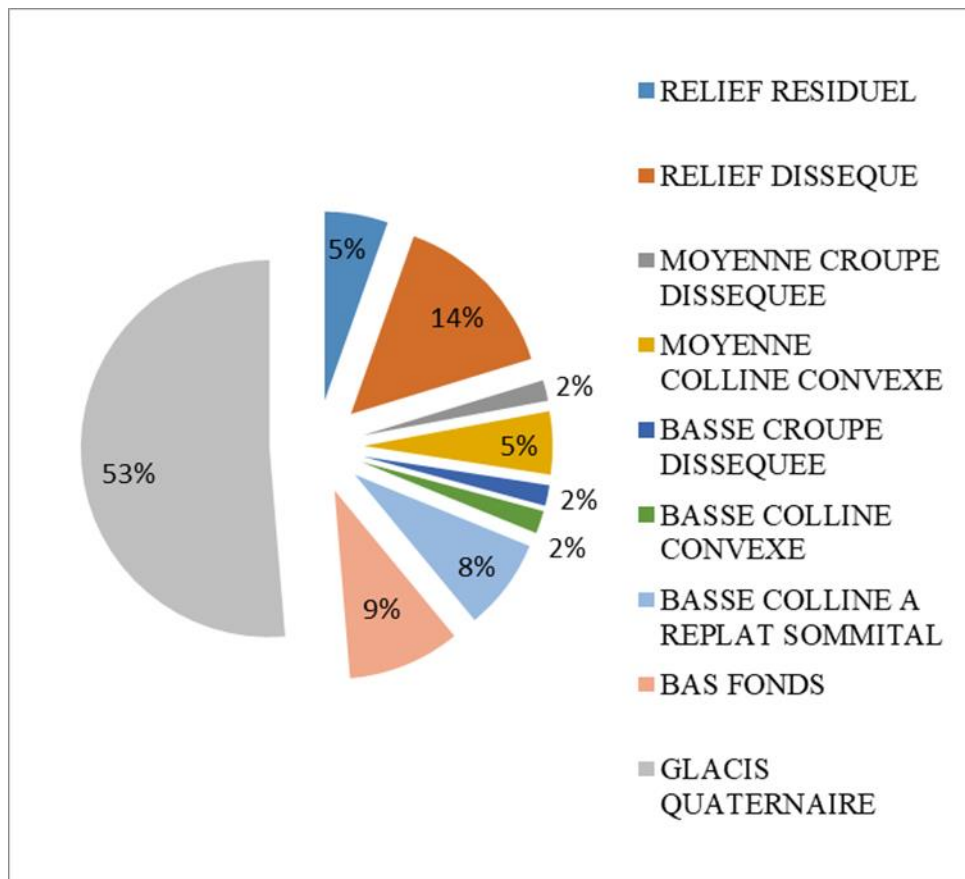
UNITES MORPHOLOGIQUES	SUPERFICIE EN KM <sup>2</sup>	% DE LA SUPERFICIE
Relief résiduel	15,7	5
Relief disséqué	43,1	14
Moyenne croupe disséquée	5,1	2
Moyenne colline convexe	15,7	5
Basse croupe disséquée	5,1	2
Basse colline convexe	5,7	2
Basse colline a replat sommital	22,8	8
Bas-fonds	28,0	9
Glacis quaternaire	148,8	53
Superficie totale	290,0	100,0

53% de la superficie de la zone d'étude (*tableau 4*) est occupée par les glacis quaternaires. La basse colline à replat sommital occupe la seconde place.

Le bas fond occupe 9% de la superficie et 8% pour les basses collines convexes à replat sommital. La basse croupe disséquée et la moyenne colline convexe ont la même superficie, de même pour la basse colline convexe et la basse croupe disséquée.

La moitié de la superficie du secteur est occupé par le glacis quaternaire. Ce glacis est formé en partie par des migmatites et des gneiss migmatitiques. Les roches mères de ce glacis sont acides et facilement altérables, donc sans protection de couverture végétale, cette unité morphologique est favorable à la dégradation physique et à la dégradation chimique des sols.

Les basses collines à croupe convexe ne sont pas à négliger même s'ils n'occupent qu'une surface restreinte 2%. Cette unité est favorable à la dégradation physique des sols due à sa topographie plane et à sa structure dégradée.



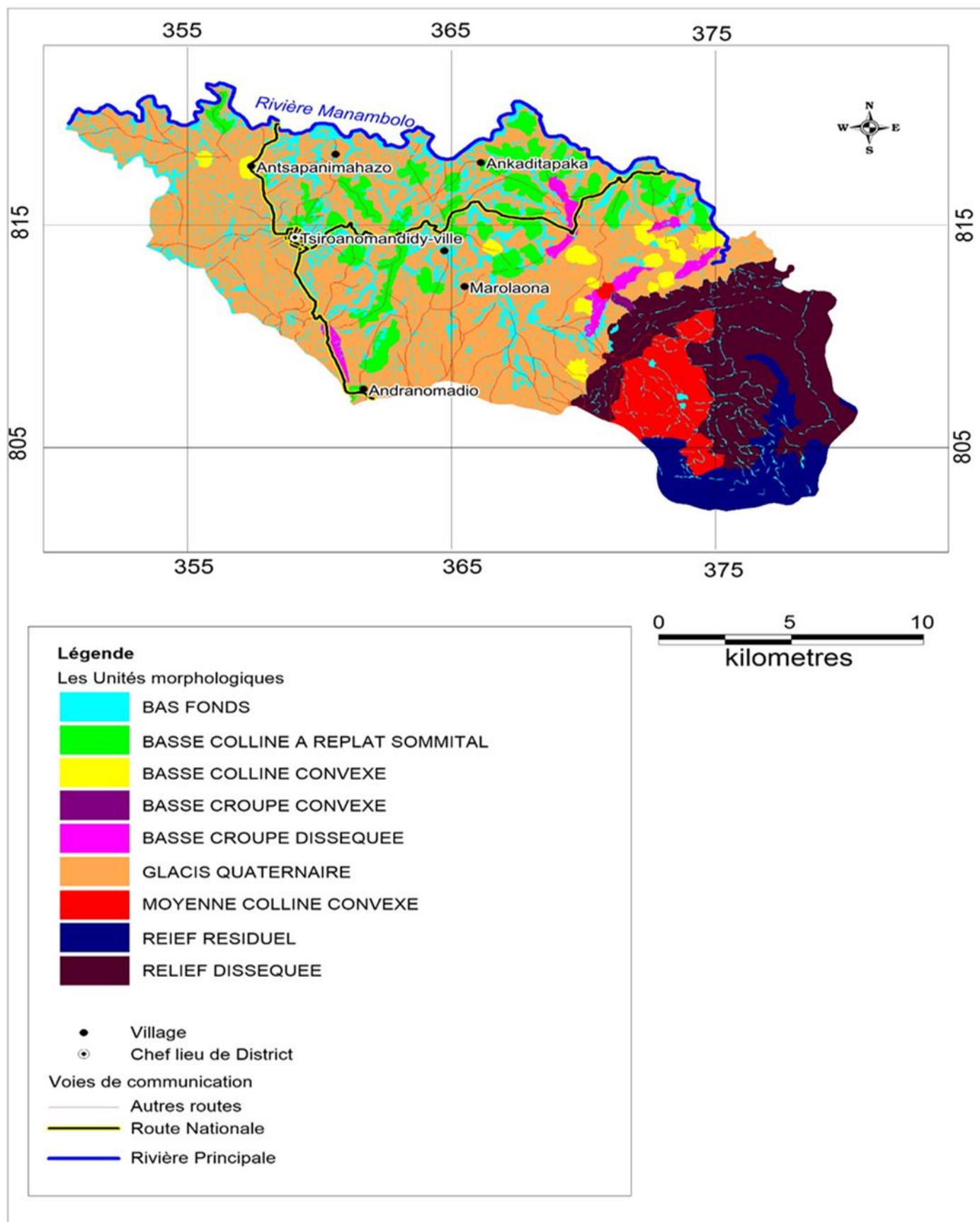
**Figure 20 :** Pourcentage de superficie physique selon la morphologie  
(source : auteur)

Plus de la moitié de la superficie du secteur est occupée par le glacis quaternaire. Ce glacis est formé dans une partie par des migmatites et dans l'autre partie par des gneiss migmatitiques. Les roches mères de ce glacis sont acides et facilement décomposables, donc, sans protection de couverture végétale. Cette unité morphologique est favorable à la dégradation physique et à la dégradation chimique des sols.

Les basses collines à replat sommital occupent une surface de 22 km<sup>2</sup>. Cette unité est également favorable à la dégradation physique des sols due à sa topographie plane et à sa structure dégradée.

Les reliefs disséqués sont caractérisés par la présence de lavaka sur les versants.

Les reliefs résiduels sont dominés par les syénites et le granite et se concentrent sur les versants abrupts (Complexe Ambohiby).



**Figure 21** : Cartes des unités morphologiques du secteur

Source : carte topographique du secteur au 1/10.000 BD 500 FTM.BD 100 FTM

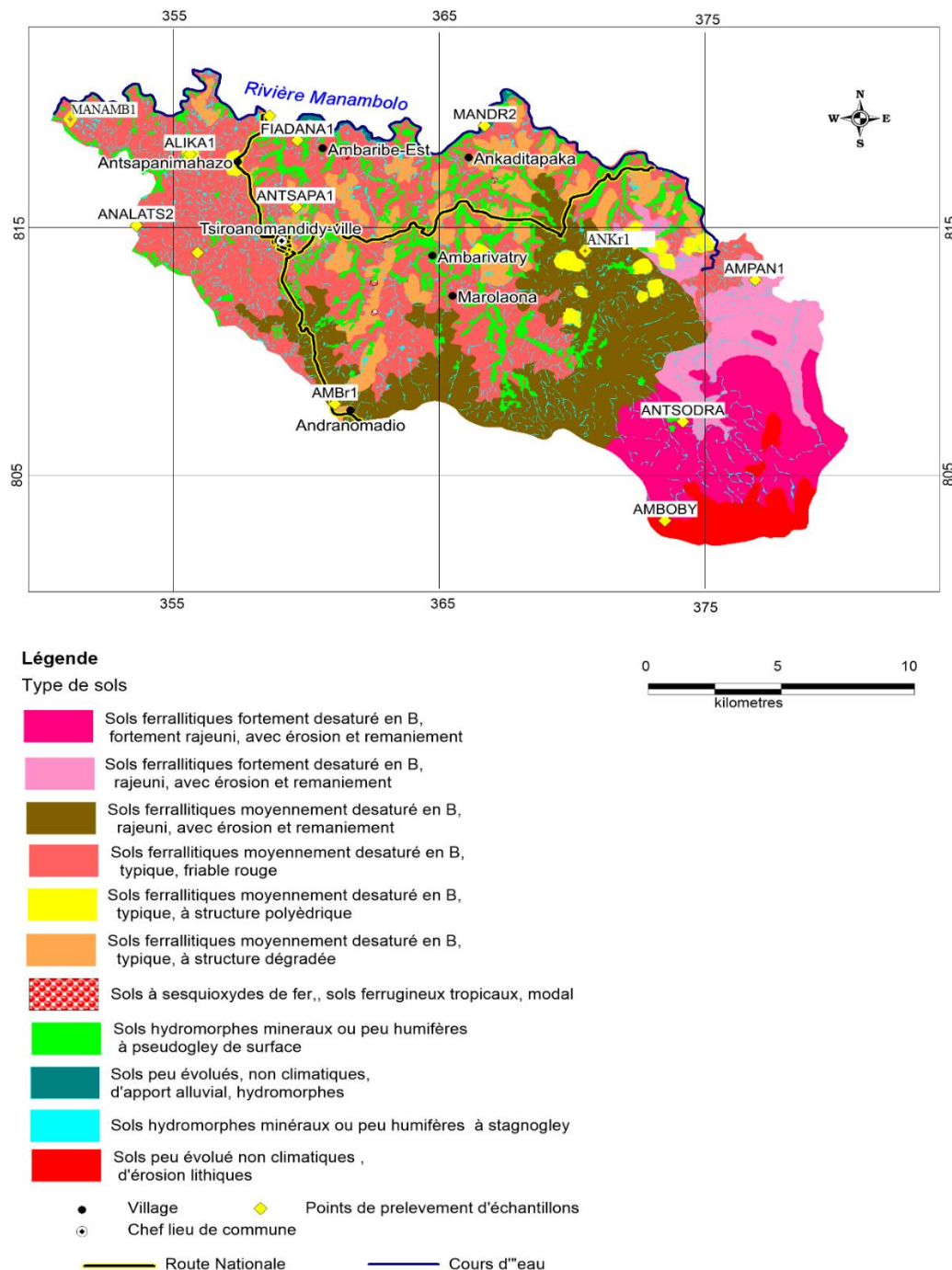


### III-3- PEDOLOGIES

#### III-3-1 Typologie Des Sols

Sur les 290 km<sup>2</sup> de la superficie du terroir, 10 échantillons ont été recueillis.

Les 10 profils ainsi obtenus ont chacun ses propres typologies des sols selon le tableau.



**Figure 22** : Carte de localisation d'échantillonnage (source : Source : carte topographique du secteur au 1/10.000 BD 500 FTM.B

**Tableau 5** : classification des principaux sols reconnus dans le périmètre prospecté  
(Classification C.P.C.S, 1967)

CLASSE	SOUS-CLASSE	GROUPE	SOUS-GROUPE	PROFIL
<b>SOLS PEU ÉVOLUES</b>	Non climatiques	D'érosion	Lithique (roche dure)	AMBOHY 1
		D'apport alluvial	hydromorphes	MANDR 2
<b>CLASSE DES SOLS A SESQUIOXYDES DE FER</b>	Sols ferrugineux	sols ferrugineux tropic aux peu lessivé	Modal	FIADANA 1
<b>SOLS FERRALLITIQUES</b>	Moyennement désaturé en B	Rajeuni	Avec érosion et remaniement	AMBR 1
		Typique	Friable rouge	ANKr 1
		Typique	A structure polyédrique	ALIKA1
		Typique	A structure dégradé	ANTSAPA 1
	Fortement désaturé en B	Rajeuni	Avec érosion et remaniement	AMPANA 1
		Fortement rajeuni	Avec érosion et remaniement	ANTSAHO 1
<b>SOLS HYDROMORPHES</b>	Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères	Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley	Sols à pseudogley de surface	MANAMB1
	Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères	Sols humiques à gley	Lessivés	ANALATS 2

### III.3.2 Classes des sols minéraux bruts

#### III.3.2.1 Définition

Sols de profil (A) C, (A) R ou R, ne contenant que des traces de matière organique dans les 20 cm supérieurs et / ou pas plus de 1 à 1,5 % dans les 2 -3 cm supérieurs.

L'horizon (A) peut être répété au sein d'un profil complexe, dans le cas des sols d'apports.

La matière minérale subit une désagrégation et une fragmentation mécaniques plus ou moins poussées mais l'altération chimique reste insensible.

Les agents mécaniques peuvent réagencer les éléments grossiers du sol de façon régulière ou irrégulière à l'extérieur du profil.

Les sols minéraux bruts s'observent sur des roches ou des formations superficielles qui n'ont pas encore subi ou qui ne peuvent subir d'évolution pédologique.

### III.3.2.2 Classification

Les sols minéraux bruts rencontrés dans la région appartiennent à la :

- *sous-classe* des sols minéraux bruts non climatiques ;
- *groupe* des sols minéraux bruts d'érosion ;
- *sous-groupe* des lithosols.

### III.3.2.3 Répartition

Ces lithosols prennent une certaine extension sur les reliefs résiduels d'Ambohiby.

## III.3.3 Classe des sols peu évolués

### III.3.3.1 Définition

Sols de profil AC contenant plus que des traces de matière organique dans les 20 cm supérieurs et/ ou plus de 1 à 1,5 % de matière organique sur plus de 2 à 3 cm.

Une partie de cette matière organique peut être bien humifiée. La matière minérale n'a pas subi d'altération sensible, par contre elle a pu être désagrégée et fragmentée par des phénomènes physiques. Les sels minéraux y compris les carbonates et le sulfates, ainsi que, les cations peuvent avoir subi des redistributions et des migrations.

Il n'y a jamais, dans ces sols d'horizons A<sub>2</sub>, B, ni même (B).

### III.3.3.2 Classification

Tous ceux observés appartiennent à la :

**Sous-classe des sols peu évolués non climatiques.** Cette faible évolution peut être liée à l'érosion ou à l'apport alluvial. D'où la distinction du groupe :

- Groupe des sols d'érosion (roche mère érodée récemment).

Dans ce groupe le degré de friabilité a été mis en évidence pour distinguer le sous-groupe :

- sous-groupe : lithique sur roche dure (AMBOHY1) ;
- Groupe d'apport alluvial :
- sous-groupe : hydromorphes (MANDR 2)

### III.3.3.2.1 sols peu évolués non climatiques d'érosion lithique (profil : AMBOHY1)

#### III.3.3.2.1.1 Caractères morphologiques

Le profil présente un horizon A limono-argilo-sableux de faible épaisseur (10 cm), à structure grumeleuse grossière au sommet et mottes plus ou moins continues à la base, avec enracinement superficiel à cheminement horizontal.

L'horizon A repose sur un horizon C peu compact, limono-argilo-sableux, peu poreux, à structure polyédrique fine, mal prospecté par les racines, très riche en minéraux primaires altérés.

#### III.3.3.2.1.2 Caractéristiques physico-chimiques

Le sol est fortement acide (5,24 – 5,32 de pH). Le sol a une texture limono-argilo-sableuse avec un pourcentage de sable de plus de 60 %. L'horizon supérieur est appauvri en argile et en limon (14% d'argile et 19% de limon). Le taux de matière organique et d'azote sont moyen en surface (2,91



% de matière organique et 0,15 % d'azote), il diminue en profondeur (1,63 % de matière organique et 0,07 % d'azote). La minéralisation de la matière organique est modérée en surface (C/N = 12). La somme de bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles dans l'horizon de surface et dans l'horizon sous-jacent (S inférieur à 2 mé/100g et T inférieur à 5 mé/100g). Le taux de saturation est faible (V = 23 à 37 %). Le complexe est très pauvre en Ca dans l'horizon de surface et dans l'horizon sous-jacent (Ca inférieur à 1 mé/100g). Il est pauvre en Mg en surface (Mg = 0,56 mé/100g) et très pauvre en cet élément en profondeur (Mg = 0,28 mé/100g). Le complexe est riche en K en surface (K = 0,51 mé/100g), mais sa teneur diminue en profondeur. Le sol présente une très forte carence en phosphore (P inférieur à 2,5 ppm).

### **III.3.3.2.2 sols peu évoluées non climatiques d'apport alluvial hydromorphes (profil : MANDR 2)**

#### **III.3.3.2.2.1 Caractères morphologiques**

L'horizon humifère A (jaune à l'état sec et jaune olive à l'état humide) n'a jamais d'horizon organique nettement différencié. Il est très mince (7 cm), à structure peu nette, à cohésion très faible, à texture limono-argilo-sableuse. Il est bien prospecté par les racines. L'horizon A repose sur un horizon C limono-argilo-sableux très riche en minéraux primaires altérés, à structure continu, peu de racine.

#### **III.3.3.2.2.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Le profil est très fortement acide (pH = 4,66 à 4,76). Il est appauvri en argile dans sa partie tout à fait supérieure (taux de 22 %). Il est moyennement pourvu en matière organique et en azote dans l'horizon de surface (2,01% de matière organique et 0,13 % d'azote), mais sa teneur diminue dans l'horizon sous-jacent. La minéralisation de la matière organique est rapide en surface (C/N = 9), mais en profondeur, cette minéralisation est modérée (C/N = 12). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles en surface (S = 1,33 mé/100g et T = 6,2 mé/100g), la première augmente en profondeur (S = 1,86 mé/100g), par contre, la seconde diminue en profondeur (T = 3,7 mé/100g). Le complexe est : très pauvre en Ca ; pauvre en Mg ; pauvre en K dans l'horizon de surface (Ca inférieur à 1 mé/100g, Mg inférieur à 1 mé/100g et K inférieur à 0,2 mé/100g). Les teneurs de Ca et de Mg augmentent en profondeur, par contre, celle de K diminue dans l'horizon sous-jacent. Toute la partie supérieure est lixiviée en bases. Le taux de saturation du complexe est moyen (V = 21 à 50 %) et la teneur en phosphore assimilable est très faible (P inférieur à 2,5 ppm).

### **III.3.4 Classe des sols à sesquioxydes de Fer**

#### **III.3.4.1 Définition**

Sol à profil ABC ou A (B) C caractérisés par :

- L'individualisation des sesquioxydes de fer (ou de manganèse) qui leur confère une couleur très accusée (rouge, ocre, rouille), cette coloration peut intéresser les horizons A et B, ou plus souvent, les seuls horizons B ;
- Un taux de la saturation supérieure à 50 % ;
- Une teneur faible en matière organique, et celle-ci subissant le plus souvent une décomposition rapide.

#### **III.3.4.2 Classification**

Le seul sous classe des sols à sesquioxydes de fer présent dans le secteur étudié est le sous classe des sols ferrugineux.

Le groupe et sous-groupe des sols ferrugineux selon le phénomène de lessivage sont :

- Groupe : sols ferrugineux tropicaux peu lessivé caractérisés par : le profil A, Bs, C mais l'épaisseur de l'horizon A est inférieur à 15cm.
- Sous-groupe : modal

### **III.3.4.2.1 Sols ferrugineux tropicaux peu lessivé modal (profil : FIADANA 1)**

#### **III.3.4.2.1.1 Caractères morphologiques**

Le profil possède :

- Un horizon A mince (8 cm), à texture limono-argilo-sableuse à argilo-sableuse. Cet horizon à une structure grumeleuse, bien prospecté par les racines, poreux avec une cohésion moyenne à forte ;
- Un horizon argileux B peu épais (8 - 50 cm), peu poreux, avec une cohésion moyenne à faible, à structure polyédrique fine.

#### **III.3.4.2.1.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Le sol a un pH fortement acide (pH = 5,21 – 5,43). Les teneurs en matière organique et en azote moyennes dans l'horizon A (2,11 % pour la teneur en matière organique et 0,09 % pour la teneur en azote), mais, elles sont faibles dans l'horizon B (la matière organique est inférieure à 1 % et l'azote inférieure à 0,05 %). La minéralisation de la matière organique est modérée dans l'horizon de surface (C/N = 13).

Le profil apparaît lixiviée en bases, le complexe est pauvre en Ca, Mg et K (Ca inférieur à 1 mé/100g, Mg inférieur à 0,4 mé/100g et K inférieur à 0,2 mé/100g). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 2 mé/100g et T inférieur à 5 mé/100g). Le taux de saturation du complexe est faible en surface (V = 32 %) et très faible en profondeur (V = 7 %). Le sol présente une forte carence en phosphore assimilable (P inférieur à 5 ppm).

### **III.3.5 Classe des sols ferrallitiques**

#### **III.3.5.1 Définition**

Le concept central de la classe applicable à l'ensemble des sols est caractérisé par :

Une altération complète des minéraux primaires (péridots, pyroxène, grenats, amphiboles, feldspaths, feldspathoïdes, micas ... etc), avec possibilité de minéraux hérités tels que : ilménite ; magnétite ; zircon ; illite ; abondance de quartz résiduel ; élimination de la majeure partie des bases alcalines et alcalino-terreuses ; d'une grande partie de la silice.

#### **III.3.5.2 Classification**

##### **III.3.5.2.1 Sous-classes des sols ferrallitiques moyennement désaturés en B**

Ils sont caractérisés par : les bases échangeables très faibles 1 à 3 méq pour 100 g de sol ; le degré de saturation très faible 20 à 40% ; un pH = 4,5 à 6.

Les groupes et sous-groupe selon la tendance évolutive des sols sont :

- Le groupe rajeuni et le *sous-groupe* avec érosion et remaniement : présence à très faible profondeur de minéraux primaires et aussi de filons de quartz (stone-line). (Profil : AMBR 1)
- Le groupe typique et le sous-groupe friable rouge (Profil : ANKr 1) : présence de sol rouge à structure friable.
- Le groupe typique et le sous-groupe dégradé (profil : ANTSAPA 1) : présence de sol à structure dégradé.

- Le groupe typique et le sous-groupe polyédrique (profil : ALIKA 1) : présence de sol à structure polyédrique.

#### III.3.5.2.2 Sous-classes des sols ferrallitiques fortement désaturés en B

Ils sont caractérisés par : les bases échangeables très faible 1 méq pour 100 g de sol ; le degré de saturation très faible 20% ; un pH très acide : 5,5.

Comme au-dessus les groupes et les sous-groupes selon la tendance évolutive des sols sont :

- Le groupe rajeuni et le sous-groupe avec érosion et remaniement (profil : AMPANA 1)
- Le groupe fortement rajeuni et le sous-groupe avec érosion et remaniement (profil : ANTSAHO 1)

### III.3.5.3 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols ferrallitiques

#### III.3.5.3.1 Sol ferrallitique moyennement désaturé rajeuni avec érosion et remaniement (profil : AMBR 1)

##### III.3.5.3.1.1 Caractères morphologiques

L'épaisseur de l'horizon A du profil AMBR 1 est inférieure à 20cm. Cet horizon a une texture sablo-limono-argileuse. Il est bien prospecté par les racines, il est poreux et a une cohésion moyenne à forte.

L'horizon humifère A repose sur un horizon B sablo-argilo-limoneuse, poreux, à cohésion moyenne à faible, à structure polyédrique moyenne, avec une sous structure fine ou particulière. Il est riche en squelettes des minéraux primaires altérés.

##### III.3.5.3.1.2 Caractéristiques physico-chimiques

Le sol a un pH qui diminue en profondeur mais reste dans la gamme de très fortement acide à moyennement acide (pH = 5,37 à 5,90). Le profil est appauvri en argile et en limon dans sa partie supérieure (argile = 13 - 23% et limon = 12 - 14 %). Ils contiennent dans l'horizon humifère des quantités faibles en matière organique et en azote (0,67 à 1,30% de matière organique et 0,04% à 0,06% d'azote). La minéralisation de la matière organique est modérée (C/N varie de 11 à 12).

Le profil apparaît lixivié en base : complexe très pauvre en Ca, Mg, K (Ca inférieur à 0,21 mé/100g, Mg inférieur à 0,51 mé/100g et K inférieur à 17 mé/100g). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 1 mé/100g et T inférieur à 3 mé/100g). Le taux de saturation est faible (V = 27 à 29 %). Le sol a une teneur faible à moyenne en phosphore assimilable (P varie de 3,1 à 13,2 ppm).

#### III.3.5.3.2 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique friable rouge (profil : ANKr 1)

##### III.3.5.3.2.1 Caractères morphologiques

Ce sol ferrallitique typique friable rouge présente très généralement la succession suivante d'horizon : sous un horizon organique A rouge foncé très mince (5cm d'épaisseur), grumeleux, poreux, à cohésion moyenne à faible, bien prospecté par les racines ; repose un matériau rouge friable, argileux, à structure polyédrique, poreux, à cohésion moyenne à faible.

##### III.3.5.3.2.2 Caractéristiques physico-chimiques

Sur tout le profil le pH est fortement acide (pH = 4,91 - 5,47). Le profil est appauvri en argile et en limon dans l'horizon de surface (26 % d'argile et 11 % de limon), mais, la teneur en argile augmente en profondeur (taux de 34 %). La teneur en matière organique est moyenne en surface (M.O. = 1,82 %), elle est faible en profondeur (M.O. = 0,55 %) et celle en azote est faible (N = 0,03 à 0,09 %) dans

l'ensemble du profil. La minéralisation de la matière organique dans l'horizon de surface est modérée (C/N = 12).

Le profil apparaît lixivié en base : complexe très pauvre en Ca et Mg (Ca inférieur à 1,10 mé/100g et Mg inférieur à 0,48 mé/100g). Il a eu une teneur moyenne en K dans l'horizon de surface (K = 0,26 mé/100g), mais cette teneur diminue en profondeur (K = 0,07 mé/100g).

La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 2,03 mé/100g et T inférieur à 5 mé/100g). Le taux de saturation est moyen à faible (V = 60 à 17 %). Le sol est riche en phosphore assimilable dans l'horizon de surface (P = 29,8 ppm), mais pauvre en cet élément en profondeur (P = 4,8 ppm).

### **III.3.5.3.3 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure dégradé (profil : ANTSAPA 1)**

#### **III.3.5.3.3.1 Caractères morphologiques**

Le profil présente un horizon humifère argilo-sableux de faible épaisseur (13 cm), à structure grumeleuse grossière avec enracinement superficiel.

L'horizon humifère repose sur un horizon argileux très compact, à structure massive, mal prospecté par les racines.

#### **III.3.5.3.3.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Le sol a un pH très fortement acide (pH = 4,78 – 4,77). Les teneurs en matière organique et en azote sont moyennes dans l'horizon A (2,44 % de matière organique et 0,175 % d'azote), mais, elles sont faibles dans l'horizon B (la matière organique est inférieure à 1 % et l'azote inférieur à 0,05 %). La minéralisation de la matière organique est trop faible dans l'horizon de surface et en profondeur (C/N inférieur à 10).

Le profil apparaît lixiviée en bases, le complexe est pauvre en Ca et Mg (Ca et Mg inférieur à 1 mé/100g, par contre, il a une teneur moyenne en K (K = 0,29 – 0,32 mé/100g). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 2 mé/100g et T inférieur à 5 mé/100g). Le taux de saturation du complexe est moyen en surface et en profondeur (V = 47 à 56 %). Le sol présente une forte carence en phosphore assimilable (P inférieur à 5 ppm).

### **III.3.5.3.4 Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure polyédrique (profil : ALIKA 1)**

#### **III.3.5.3.4.1 Caractères morphologiques**

Le profil présente un horizon humifère A rouge très mince (14 cm), sablo-limono-argileuse, bien prospecté par les racines, à cohésion moyenne à forte avec une bonne porosité. Cet horizon A repose sur un horizon B rouge plus foncé après humectation, à texture limono-argilo-sableuse, très poreux, à cohésion moyenne à faible et à structure polyédrique moyenne.

#### **III.3.5.3.4.2 Caractéristiques physico-chimiques**

L'analyse granulométrique révèle un faible appauvrissement en argile dans l'horizon de surface et dans l'horizon sous-jacent (teneur en argile = 13 %). Le pH est fortement acide (pH = 5,11 à 5,44). Le profil a une teneur moyenne en matière organique et en azote dans sa partie supérieure (2,11 % de matière organique et 0,11 % d'azote), mais ses teneurs diminuent dans l'horizon sous-jacent (0,74 % de matière organique et 0,04 % d'azote). La minéralisation de la matière organique est modérée dans l'horizon de surface (C/N = 12).

Le sol est très riche en phosphore assimilable dans l'horizon de surface (P = 29,2 ppm), il est pauvre en cet élément dans l'horizon en profondeur (P = 2,8 ppm).

Le profil est pauvre en Mg et Ca (Mg et Ca inférieur à 1 mé/100g). Cependant, il a une teneur moyenne en K (K varie entre 0,25 mé/100g et 0,26 mé/100g). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 1 mé/100g et T est inférieur à 3 mé/100g). Le taux de saturation du complexe est moyen en surface (V = 31%), il est faible en profondeur (V = 22 %).

#### **III.3.5.3.5 Sol ferrallitique fortement désaturé rajeuni avec érosion et remaniement (profil : AMPANA 1)**

##### **III.3.5.3.5.1 Caractères morphologiques**

Le profil présente un horizon humifère argilo-sableux de faible épaisseur (15 cm), à structure grumeleuse grossière au sommet, puis, en mottes mal individualisées à la base, avec enracinement superficiel à cheminement horizontal.

L'horizon humifère repose sur un horizon argilo-sableux peu compact, à structure polyédrique fine, peu poreux, mal prospecté par les racines.

##### **III.3.5.3.5.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Le sol a un pH fortement acide (pH = 5,21 – 5,43). Les teneurs en matière organique et en azote sont élevées dans l'horizon A (3,26 % de matière organique et 0,16 % d'azote), mais, elles sont faibles dans l'horizon B (la matière organique est inférieure à 1 % et l'azote inférieur à 0,05 %). La minéralisation de la matière organique est modérée dans l'horizon de surface (C/N = 12).

Le profil apparaît lixiviée en bases, le complexe est pauvre en Ca, Mg et K (Ca inférieur à 1 mé/100g, Mg inférieur à 0,4 mé/100g et K inférieur à 0,2 mé/100g). La somme des bases échangeables et la capacité d'échange sont très faibles (S inférieur à 2 mé/100g et T inférieur à 5 mé/100g). Le taux de saturation du complexe est faible en surface et en profondeur (V = 17 à 19 %). Le sol présente une forte carence en phosphore assimilable (P inférieur à 5 ppm).

#### **III.3.5.3.6 Sol ferrallitique fortement désaturé fortement rajeuni avec érosion et remaniement (profil : ANTSAHO 1)**

##### **III.3.5.3.6.1 Caractères morphologiques**

Le profil présente un horizon humifère à texture homogène (limono-argilo-sableuse) de faible épaisseur (10 cm), à structure grumeleuse à polyédrique émoussé.

L'horizon humifère A repose sur un horizon B assez compact, argilo-sableux, peu poreux, à structure polyédrique fine, mal prospecté par les racines

##### **III.3.5.3.6.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Sur tout le profil, le pH du sol est fortement acide (pH = 5,49 – 5,54). Le profil est appauvri en argile et en limon en surface (argile = 18 % ; limon = 15 %), mais, leurs teneurs augmentent en profondeur (argile = 24 % ; limon = 19 %). Les teneurs en matière organique et en azote sont assez élevées dans l'horizon A (2,94 % de matière organique et 0,15 % d'azote), mais, elles sont faibles dans l'horizon B (teneur en matière organique inférieure à 1 % et teneur en azote inférieur à 0,05 %). La minéralisation de la matière organique est modérée dans l'horizon des surfaces (C/N = 12).

Le profil est lixiviée en bases : complexe pauvre en Ca et Mg (Ca inférieur à 1 mé/100g et Mg inférieur à 0,4 mé/100g) ; mais, riche en K (K = 0,54 à 0,64 mé/100g). La somme des bases échangeables est très faible (S inférieur à 2 mé/100g) et celle de la capacité d'échange est faible (T = 5,9 mé/100g). Le taux de saturation du complexe est faible en surface et en profondeur (V varie de 15% à 26%). Le sol présente une forte carence en phosphore assimilable (P inférieur à 2,5 ppm).

### III.3.6 Classe des sols hydromorphes

#### III.3.6.1 Définition

Sols dont les caractères sont dus à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent d'une partie ou de la totalité du profil. Cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la remontée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux pluviales provoquant une nappe perchée ou un engorgement de surface.

L'hydromorphie se traduit selon les conditions d'anaérobiose par une accumulation de matière organique de type tourbeux, anmoor, hydromor, hydromoder, hydromull et/ ou par la présence de gley ou pseudogley.

#### III.3.6.2 Classification

Une seule sous classes des sols hydromorphes a été identifiée dans le secteur étudié.

##### III.3.6.2.1 Sous classe des sols hydromorphes minéraux ou peu humifères

Sols possédant moins de 8% de matière organique sur une profondeur de 20 cm, ou, plus de 8 % de matière organique sur une profondeur faible. En général, la teneur en matière organique est inférieure à 4,5%.

L'hydromorphie s'exprime par des caractères de couleur (taches de composés réduits ou oxydés après réduction) ou par la redistribution d'éléments solubilisables en particulier en milieu réduit : oxydes de fer, de manganèse, calcaire sur environ le mètre supérieur.

Trois groupes des sols hydromorphes minéraux ou peu humifères ont été identifiés.

- Groupe : groupe des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley

L'hydromorphie est temporaire et partielle. Elle n'est pas liée à une nappe profonde, mais elle est due au manque d'infiltration des eaux pluviales. Le mouvement d'eau et la migration des substances solubles se font verticalement.

Ces sols présentent un horizon de pseudogley, horizon à engorgement périodique où se produit une alternance de réduction et d'oxydation avec redistribution de fer. Cet horizon est caractérisé par une alternance de taches ou bandes grisâtres et ocre ou rouille et/ ou par des concrétions apparaissent dès la base de A<sub>1</sub> ou la somme de A<sub>2</sub>.

Le seul *sous-groupe* des sols de cet association présent dans le secteur étudié est le sous-groupe des sols à pseudogley de surface.

- Groupe : groupe des sols hydromorphes peu humifères à stagnogley

L'hydromorphie est quasi permanente. Elle est liée à l'imbibition du sol à partir de la surface par les précipitations abondantes sous climat humide. La matière organique est concentrée en surface sur une faible épaisseur. Les processus de réduction de fer sont dominants.

- Groupe : groupe des sols hydromorphes peu humifères à gley

Sous-groupe : sol à gley peu profond

### **III.3.6.3 Caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des sols hydromorphes**

#### **III.3.6.3.1 Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à pseudogley de surface (profil : MANAMB1)**

##### **III.3.6.3.1.1 Caractère morphologique**

Au sein d'un matériau à texture variable (sablo-argilo-limoneuse) apparaît très généralement la succession suivante d'horizon : un horizon gris olive (MANAMB 1), piqué de tache rouille. On peut l'interpréter comme un gley réoxydé, car l'engorgement est temporaire. L'horizon gris olive piqué de tache rouille repose sur un horizon de gley de teinte uniforme gris (horizon Gr)

##### **III.3.6.3.1.2 Caractéristiques physico-chimiques**

L'analyse granulométrique montre que la teneur en argile, limon, sable reste constante en profondeur. Le pH est très bas (aux alentours de 4). Le sol est riche en matière organique et en azote (la teneur en matière organique est supérieure à 3% et la teneur en azote est supérieur à 0,1%). La minéralisation de la matière organique est modérée dans l'ensemble du profil (C/N varie de 10 à 11).

La capacité d'échange est faible (T varie de 8 à 9 mé/100g). La somme des bases échangeables est moyenne (S varie de 6 à 8).

L'horizon humifère et l'horizon sous-jacent a une teneur faible en Ca et K (Ca varie de 2,25 mé/100g à 2,65 mé/100g et K varie de 0,10 mé/100g à 0,18 mé/100g).

Le profil a une teneur en Mg très forte (Mg varie de 3,33 mé/100g à 4,50 mé/100g). Il a un taux de saturation forte (V varie de 71% à 86%).

L'horizon de surface a une teneur moyenne en phosphore assimilable, tandis que, l'horizon sous-jacent a une carence en phosphore assimilable (P inférieur à 0,7 ppm).

#### **III.3.6.3.2 Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à stagnogley (profil : ANALATS2)**

##### **III.3.6.3.2.1 Caractère morphologique**

Au sein d'un matériau limono-argilo-sableux apparaît très généralement la succession suivante d'horizon : un horizon noir ou olive, à structure continu, plastique, collant, à racines fines ; cet horizon repose sur un horizon de teinte noir ou gris olive, collant, avec un peu de racine.

##### **III.3.6.3.2.2 Caractéristiques physico-chimiques**

Le pH est très bas (pH inférieur à 4,25). Le profil est riche en matière organique et en azote (la matière organique est supérieure à 2,03% et l'azote supérieur à 0,11%). La minéralisation de la matière organique est modérée dans le profil (C/N = 11).

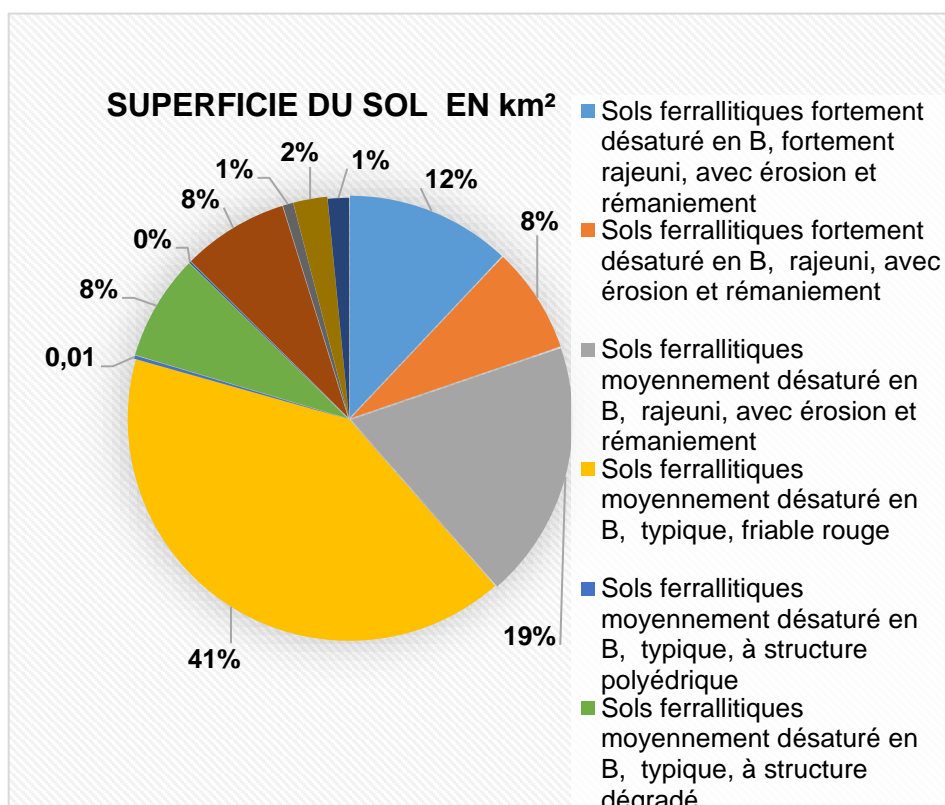
La capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables du profil sont faibles (T inférieur à 6 mé/100g et S inférieur à 5 mé/100g). Le profil est pauvre en Ca et K (Ca inférieur à 2,25 mé/100g et K inférieur à 0,15 mé/100g) ; Par contre, ils ont des teneurs variables en Mg (Mg varie de 0,53 mé/100g à 2,17 mé/100g).

Le taux de saturation du profil est moyen à forte moyens (V varie de 57% à 77%). La teneur en phosphore assimilable dans le profil est moyenne à forte (P varie de 8,7 à 12,8 ppm).

### III-3-2 Caractéristique des typologies de sols

**Tableau 6** : superficie du type des sols (source : auteur)

TYPE DE SOL	SUPERFICIE En km <sup>2</sup>	Pourcentage En (%)
Sols ferrallitiques fortement désaturé en B, fortement rajeuni, avec érosion et remaniement	34,9	12
Sols ferrallitiques fortement désaturé en B, rajeuni, avec érosion et remaniement	22,4	8
Sols ferrallitiques moyennement désaturé en B, rajeuni, avec érosion et remaniement	54,5	18,8
Sols ferrallitiques moyennement désaturé en B, typique, friable rouge	118,4	41
Sols ferrallitiques moyennement désaturé en B, typique, à structure polyédrique	0,7	0,2
Sols ferrallitiques moyennement désaturé en B, typique, à structure dégradé	22,4	8
Sols à sesquioxydes de fer, sols ferrugineux tropicaux, modal	0,3	0,1
Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à pseudogley de surface	22,5	7,8
Sol peu évoluée, non climatiques, d'apport alluvial, hydromorphes	2,2	0,8
Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à stagnogley	7,2	2,5
Sol peu évoluée, non climatiques, d'érosion lithiques	4,5	1,6
TOTAL	290,0	100,0

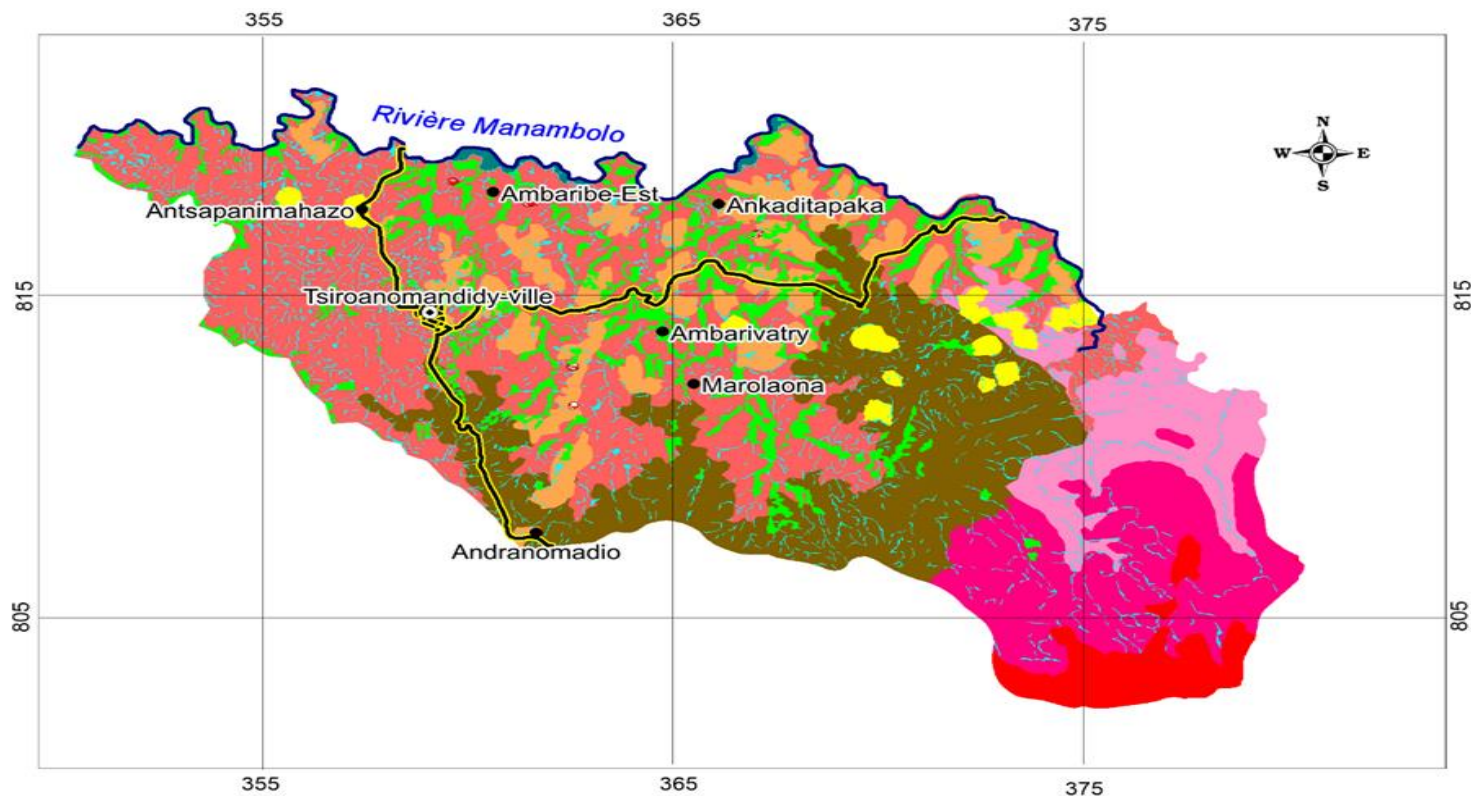


**Figure 23** : pourcentage de la superficie physique selon la pédologie (source : auteur)



Sur les 290 km<sup>2</sup> de superficie, la typologie des sols du secteur est différente selon *le tableau 7 page 38*.

Plus de 12 % de la superficie totale du secteur étudié est occupée par les sols ferrallitiques fortement désaturés en B fortement rajeunis avec érosion et remaniement (*cf. tableau 6, fig. 24*). Les sols ferrallitiques fortement rajeunis avec érosion et remaniement occupent la seconde place avec sa superficie de 8%. En troisième classe se trouvent les sols ferrallitiques désaturés en B, rajeunis avec érosion et remaniement avec sa superficie de 18,8 % de la superficie totale. A la quatrième place est attribuée aux sols ferrallitiques moyennement désaturés en B, typique, friable rouge avec une superficie de 41%. Les sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à pseudogley, avec une superficie de 8 % occupent la cinquième place. La sixième et la septième place sont occupées par les sols ferrallitiques fortement désaturés en B rajeunis et le sol peu évolué, non climatique, érosion lithique avec 1,6% de la superficie totale.



### Légende

#### Type de sols

- Sols ferrallitiques fortement desaturé en B, fortement rajeuni, avec érosion et remaniement
- Sols ferrallitiques fortement desaturé en B, rajeuni, avec érosion et remaniement
- Sols ferrallitiques moyennement desaturé en B, rajeuni, avec érosion et remaniement
- Sols ferrallitiques moyennement desaturé en B, typique, friable rouge
- Sols ferrallitiques moyennement desaturé en B, typique, à structure polyédrique
- Sols ferrallitiques moyennement desaturé en B, typique, à structure dégradée
- Sols à sesquioxydes de fer,, sols ferrugineux tropicaux, modal
- Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à pseudogley de surface
- Sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial, hydromorphes
- Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères à stagnogley
- Sols peu évolué non climatiques , d'érosion lithiques

- Village
- ⊙ Chef lieu de commune

— Route Nationale

— Cours d'eau

**Figure 24 :** Carte pédologique de la zone d'étude (source : carte topographique du secteur au 1/10.000 BD 500 FTM.BD 100 FTM)

### **III-2 DISCUSSION**

La région est caractérisée du point de vue pétrographique par la dominance des formations magmatique et métamorphique (migmatitiques) et parfois relativement riches en ferromagnésiens. Il existe une relation étroite entre la pétrographie (lithologie), morphologie et la pédologie.

#### **1. Relation morpho-Pétrographie**

Aux affleurements des roches facilement décomposable correspondent à des zones déprimées dont la genèse a été attribué au cycle d'érosion. Les reliefs résiduels portés par des roches résistant à l'altération (granite, syénite et migmatite)

Le relief disséqué issu d'un aplanissement plus ancien. La reprise d'érosion quaternaire a plus ou moins disséqué l'ancienne surface pour donner des glacis, des croupes à replat sommital ou colline disséquée.

Dans la zone étudiée il a été reconnu des témoins d'aplanissement plus élevés qui correspondent au cycle meso-tertiaire. La conservation de cette surface est due à une plus grande abondance de roches difficilement altérable (granite et syénite).

#### **2. Relation lithologie -sol**

Sur le plan texture pédologique, les sol typique et déstructuré issus des roches métamorphiques schisteuse (gneiss migmatitique) sont argileux et de couleur rouge. Ceux issus des granites sont plus argileux et plus ou moins rouge foncé.

Les roches migmatites portent des sols ferralitiques, de teinte jaunâtre, plus sableux (argilo-sableux ou sablo-argileux)

Sur la roche mère riche en fer les sols sont mieux structuré ou alors riche en pseudoparticules.

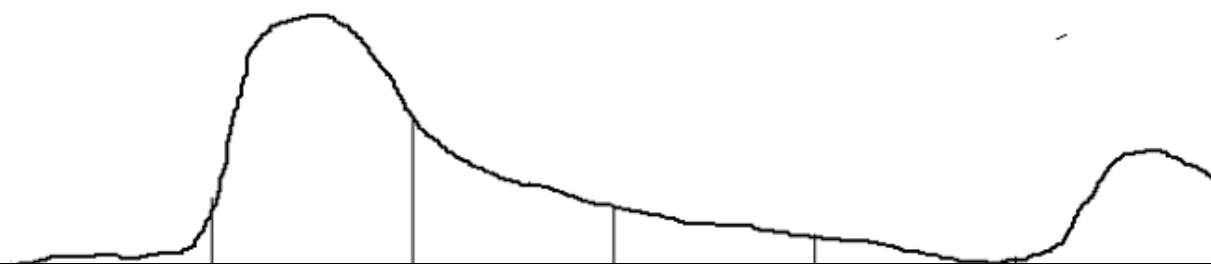
#### **3. Relation sol morphologie et roche-mère**

Sur les reliefs résiduel correspondant aux affleurements des roches magmatique et métamorphique, les zones d'altération constamment rajeunis par l'érosion sont mince et les sols qui en dérivent formes de sols ferrallitiques rajeunis, fortement rajeunis, des sols peu évolués ou des sols tronqués sans horizon humifère. Leurs propriétés chimiques varient en fonction de la teneur en minéraux coloré de la roche-mère.

- Sur la migmatite, roche leucocrate par fois mesocrate, les sols sont pauvres chimiquement
- Sur le granite mesocrate, les sols sont moyennement desaturés
- Sur la syénite roche leucocrate on peut rencontrer des sols très pauvres

Des plans d'aménagement sont proposés dans le tableau ci-dessous, pour minimiser les érosions et d'éviter la dégradation du sol de ce terroir afin de maintenir la fertilité du sol.

**Tableau 7 : Plan d'aménagement**



Unité morphologique	Alluvion	Relief résiduel et disséqué	Basse colline à replat sommital	Glacis quaternaire	Bas-fonds	Croupe et colline convexe
Lithologie	Migmatite	Granite/Syéni te	Migmatite	Migmatite	Migmatite	Migmatite
Pente	Nulle	Forte	Faible	Faible	Nulle	Moyenne
Typologie	Sol peu évolué d'apport alluvial	Sol ferrallitique moyennement désaturé fortement rajeuni	Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure dégradé	Sol ferrallitique moyennement désaturé typique à structure friable	Sol hydromorphe peu humifère	Sol ferrallitique moyennement désaturé à structure polyédrique et rajeuni
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture vivrière</li> <li>- Culture de tomate, pomme de terre, et Haricot</li> <li>- Culture de tabac</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défrichement</li> <li>- Reboisement d'Eucalyptus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture sèche sur tanety (manioc, maïs)</li> <li>- Culture d'arbre fruitière (vigne, goyavier ...)</li> <li>- Jachère naturelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture sèche sur tanety (manioc, maïs)</li> <li>- Jachère naturelle</li> </ul>	Riziculture	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Défrichement</li> <li>- Reboisement d'Eucalyptus</li> </ul>
				- Mince horizon humifère		

Contrainte	- Inondation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise stabilité structurale du sol</li> <li>- Sensibilité à l'érosion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mince horizon humifère</li> <li>- Compacité de l'horizon B</li> <li>- Présence de toxicité aluminique</li> <li>- Désaturation du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacité de l'horizon B</li> <li>- Présence de toxicité aluminique</li> <li>- Désaturation du sol</li> </ul>	Ensablement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mauvaise stabilité structurale du sol</li> <li>- Sensibilité à l'érosion</li> </ul>
Aptitude	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Culture vivrière</li> <li>- Riziculture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroforesterie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pâturage</li> <li>- Culture sèche sur tanety</li> <li>- Culture des arbres fruitières</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pâturage</li> <li>- Culture sèche sur tanety</li> <li>- Cultures des arbres fruitières</li> </ul>	Riziculture	Agroforesterie
Vocation	- Culture de tabac, riz...	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agroforesterie</li> </ul>	- Pâturage	- Pâturage	Riziculture	Agroforesterie

## CONCLUSION

Les relations entre la pétrographie, la morphologie et la typologie du sol du terroir de Tsiroanomandidy ont été étudiés dans ce présent mémoire.

Situé en contexte métamorphique, le terroir de Tsiroanomandidy se présente avec des collines érodées par des lavaka et des ravins dans des sols très appauvris sur deux types de substratum géologique qui sont les syénites et les migmatites.

La pétrographie joue un rôle important dans l'origine des éléments chimiques responsables de la fertilité du sol. Les éléments chimiques en question sont les cations :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ .

Tous ces éléments sont produits par altération chimique de la roche-mère (syénites ou migmatite), qui intervient généralement après la désagrégation mécanique formant des fragments rocheux.

Les syénites qui se trouvent dans des reliefs résiduels sont riches en minéraux ferromagnésiens (pyroxène ou biotite) qui fournissent au sol des ions  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , lors de l'hydrolyse. Ces éléments nutritifs sont indispensables à la culture et contribuent en partie à l'accroissement de la fertilité des sols.

Les migmatites qui se trouvent dans les basses collines sont riches en quartz et feldspaths potassiques et donnent un sous-sol peu fertile par rapport aux syénites. La texture des migmatites qui est sableuse empêche la matière organique de se développer normalement dans la couche humifère, arable. Par conséquent, les sols sur migmatites ont besoin d'être amendés par un apport de calcium (amendement calcaire) qui corrige en même temps l'acidification du sol.

En outre, ces sols sur migmatites sont connus par leur faible teneur en phosphore. Il est indispensable d'utiliser des engrais minéralogiques du type NPK, pour restaurer la fertilité du sol.

## PERSPECTIVES

Comme la zone d'étude est à vocation agricole et à vocation minière et comme nous avons déjà faits l'analyse complète des sols du secteur. En perspective d'avenir, des prospections et des analyses géochimiques des roches de la région sont importants afin de déterminer la potentialité agricole et minière de cette zone.

Nous incitons également les bailleurs à financer les recherches concernant ce domaine car elles sont très rares.

La publication des résultats obtenus dans des revu international n'est pas aussi à épargner dans la perspective à venir.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIE

*ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'ETUDE DU SOL (AFES) – 2008 - Référentiel Pédologique, revue électronique, 435 p*

*BESARIE (H.)– 1957– La géologie de Madagascar en 1957. Service Géologique Tananarive, 169p.*

*BIROT (P.) - 1963 - Contribution à l'étude morphologique des plateaux du centre de Madagascar. Madagascar rev. Géogr. 3, juillet – déc. ; pp : 2 – 39.*

*BOURGEAT (F.), AUBERT (G.) - 1971 - Les sols ferralitiques à Madagascar. O.R.S.T.O.M. Tananarive ; 32p.*

*BOURGEAT (F.), HUNH (V.N.), VICARIOT (J.), ZEBROWSKI - 1973 -Relation entre le relief, les types des sols et leurs aptitudes culturales sur les hautes terres malgaches. O.R S.T.O.M. Tananarive 39p*

*BOURGEAT (F.) - 1972 - Sols sur socle ancien à Madagascar : types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire. Mémoire ORSTOM, 57, 335p.*

*COLLINS (A.S.)– 2006 -Madagascar and the amalgamation of Central Gondwana, revue électronique, 16p.*

*COLLINS (A.S.)– 2006 -Madagascar and the amalgamation of Central Gondwana, revue électronique, 8p.*

*FOIBE TAOSARITANIN'NY MADAGASIKARA – 1979 – Carte topographique au 1/100 000 Bepoaka, feuille J-46.*

*FOIBE TAOSARITANIN'NY MADAGASIKARA – 1979 – Carte topographique au 1/100 000 Tsiroanomandidy, feuille K-46.*

*FOIBE TAOSARITANIN'NY MADAGASIKARA – 1993 – Carte topographique au 1/100 000 Bevato, feuille L-46.*

*FOIBE TAOSARITANIN'NY MADAGASIKARA – 1979 – Carte topographique au 1/100 000 Mahasolo, feuille L-47.*

*JOO (J.) - 1963 - Etude géologique et prospection des feuilles Ambararata Bepoaka. Travaux du Bureau Géologique N : 119, service géologique Ampandrianomby Tananarive, 12p*

*PRD BONGOLAVA – 2004 – Plan Régional de Développement, Région Bongolava, pp : 4*

*RAKOTOARISON (W.) - 1959 - Etude géologique et prospection de la feuille Tsiroanomandidy.*

Travaux du Bureau Géologique N : 103, service géologique Ampandrianomby Tananarive, 21p

*RANDRIAMBOAVONJY JEAN CHRYSOSTOME-1996 typologie de sol « LES PRINCIPAUX PEDOPYASAGE » p71.72.78*

*<https://www2.nancy.inra.fr/collectif/acidification/Consequences/conseque.html>*

*[www.meac.fr/les-causes-de-lacidification](http://www.meac.fr/les-causes-de-lacidification)*



## **ANNEXE I : PREPARATION D'ECHANTILLON DE SOL**

### **Procédure**

- Verser et étaler l'échantillon sur une feuille ou sous le papier portant la référence.
- 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 2mm de maille le sol sec. 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 500g de cet échantillon dans un sachet plastique portant la référence.

- Broyer ensuite 10g de ce même échantillon et fait passer à travers un tamis de 0.5mm d'ouverture. Le conserver dans un sachet plastique portant la référence. Cet échantillon est réservé pour les analyses suivantes :
  - Carbone organique
  - Azote Kjeldahl
  - Fer extractible.

### **pH**

#### **Principe**

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

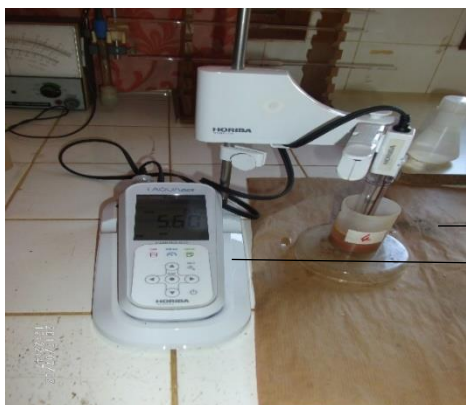
#### **Appareillage et réactifs**

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

#### **Mode opératoire**

- Peser 10g de 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.

Ne pas agiter la suspension durant la mesure.



*Solution tampon*  
*PH-mètre*



*Sol broyé*  
*Balance électronique*

### *Analyse du $p^H$*

## **PHOSPHORE ASSIMILABLE**

### **Principe**

Les phosphates donnent un complexe phosphomolybdique en présence de molybdate d'ammonium, en milieu acide.

Après une réduction par une solution de chlorure stanneux, ce complexe développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique.

### **Matériels et réactifs**

- $\text{NH}_4\text{F}$  1N. Dissoudre 37g de fluorure d'ammonium avec de l'eau distillée et compléter le volume à 1l en utilisant une fiole jaugée de 1L. On peut stocker cette solution dans une bouteille en polyéthylène.
  - $\text{HCl}$  2N. Diluer 80.8 ml de  $\text{HCl}$  concentré par de l'eau distillée pour avoir un volume total de 500 ml.
  - Solution extractante. Ajouter 15 mL de fluorure d'ammonium 1N et 25 ml de  $\text{HCl}$  2N dans 460 ml d'eau distillée. Cette solution nous donne 0.03N de  $\text{NH}_4\text{F}$  et de 0.1N de  $\text{HCl}$ . On peut la stocker dans une bouteille en verre pendant 1 an.
  - $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  concentré : Dissoudre 10g de chlorure stanneux dans 25 ml de  $\text{HCl}$  concentré. Le stocker dans une bouteille à compte-goutte sombre pendant 6 semaines.
  - Molybdate d'ammonium : dissoudre 15g de paramolybdate d'ammonium dans 350 ml d'eau distillée. Y ajouter lentement 290 ml de  $\text{HCl}$  12N en agitant. Refroidir et compléter le volume à 1l avec de l'eau distillée.
- Stocker cette solution dans une bouteille en verre sombre pendant 2 mois.
- Solution diluée de  $\text{SnCl}_2$  : Diluer 3 gouttes de  $\text{SnCl}_2$  concentré dans 50 ml d'eau distillée. Cette solution est à renouveler toutes les 2 heures.
  - Solution mère étalon de P 100 ppm : Dissoudre 0.2129 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  séché à l'étuve à  $110^\circ\text{C}$  dans de l'eau distillée. Compléter le volume à 500 ml en utilisant une fiole de 500 ml.
  - Solution fille étalon de 10 ppm : Mettre 10 ml de la solution mère étalon de 100 ppm dans une fiole de 100 ml. Ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.
  - Solutions standards : 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm et 5 ppm.

A partir de la solution fille de P 10 ppm, mettre respectivement 2.5 ml, 5 ml, 7.5 ml et 12.5 ml dans 4 différentes fioles jaugées de 25 ml portant chacune leur référence, et ajouter de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

### **Mode opératoire**

Peser 2 g de sol à 2 mm de diamètre dans une bouteille nalgène de 125 ml. Ajouter 14 ml de la solution extractante. Bien fermer la bouteille et agiter rigoureusement pendant 1 mn. Filtrer avec un papier filtre Watman N° 42. Le filtrat ainsi obtenu contient le P assimilable contenu dans l'échantillon de sol.

#### **- Préparation des étalons**

Dans un tube à essai, mettre respectivement 1 ml de la solution standard de 1ppm de P, 2 ml de la solution extractante, 4 ml d'eau distillée, 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium et 1 ml de la solution diluée de chlorure stanneux. Bien homogénéiser le contenu du tube à essai à l'aide d'un mélangeur Vortex. Répéter les mêmes opérations avec les autres solutions standards de P.

#### **- Préparation des échantillons**

Dans un tube à essai, mettre successivement 2 ml de filtrat, 5 ml d'eau distillée, 2 ml de la solution de molybdate d'ammonium et 1 ml de la solution diluée de chlorure stanneux. Bien homogénéiser le contenu du tube à essai. Faire un essai à blanc.

Attendre 20 mn pour la stabilisation de la coloration ainsi obtenue, puis effectuer les mesures au spectromètre UV/VIS à la longueur d'onde de 660 nm.

### **Expression des résultats**

Avec un facteur multiplicatif de 3.5, l'appareil donne la teneur en Phosphore assimilable de l'échantillon de sol.



*Analyse de phosphore*

## **GRANULOMETRIE**

### **Principe**

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

$$V = \frac{2.r^2.(D_s - D_l)}{9.\eta} \text{ (loi de Stokes)} \quad \left. \vphantom{\frac{2.r^2.(D_s - D_l)}{9.\eta}} \right\} \text{ (En m/s)}$$

r : rayon des particules supposées sphériques

D<sub>s</sub> et D<sub>l</sub> : densités du solide et du liquide

η : 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 sont 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% : 5 l par échantillon.
- Alcool amylique.
- Chronomètre.

### **Procédure**

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

Ajouter 50 ml d'hexa métaphosphate 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 1l 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 s et 2 heures de repos, introduire le densimètre dans le liquide surnageant et faite la lecture.

Remarques :

L'introduction du densimètre dans le liquide se fait 10s 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<sub>B40</sub> la lecture après 40s de blanc.

L<sub>B2h</sub> la lecture après 2 heures de blanc.

L<sub>40</sub> la lecture après 40s de l'échantillon.

L<sub>2h</sub> la lecture après 2 heures de l'échantillon.

$t_{40}^{\circ}$  la température après 40s.

$t_{2h}^{\circ}$  la température après 2 heures.

0.36 ( $t^{\circ} - 20$ ) correction en température  $t^{\circ}$  en  $^{\circ}\text{C}$

% sable =  $100 - 2[L_{40} - L_{B40} + 0.36(t_{40}^{\circ} - 20)]$

% argile =  $2[L_{2h} - L_{B2h} + 0.36(t_{2h}^{\circ} - 20)]$

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



Mélange  
d'hexamétaphosphate de  
sodium et  
d'eau distillée  
et sol

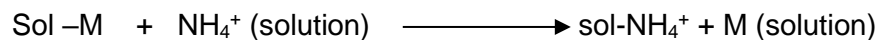
Analyse granulométrique

## **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  $\text{NH}_4^+$  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  $\text{NH}_4^+$ . On enlève les sels d'ammonium libre, puis on procède à l'extraction de  $\text{NH}_4^+$  ainsi adsorbé par une solution molaire de NaCl.

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

### **Réactifs**

- $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  1 M : 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 1 l d'eau distillée. Le conserver dans une bouteille en verre de 1 l.
- Solution d'hydroxyde de sodium 10 N

- Solution d'acide sulfurique 0.01 N
- Indicateur mixte : dissoudre 0.0495 g de vert de bromocrésol et 0.033 g de rouge de méthyle dans 50 ml d'éthanol.
- Solution d'acide borique à 2% : Dans une fiole jaugée de 2 l, dissoudre 40 g de  $H_3BO_3$  dans 1800 ml d'eau distillée. Ajouter ensuite 40 ml de la solution de l'indicateur mixte. Mélanger et ajuster le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de la jauge.

### **Procédure**

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

Tourner 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'erlenmeyer par 10 ml d'acétate d'ammonium 1M 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, K et Na par le spectromètre d'absorption atomique.



*Spectromètre*



*Acétates d'ammonium, Solution de NaCl  
Ethanol Solution d'hydroxyde de sodium  
Solution d'acide sulfurique*

### ***Analyse des bases échangeables et capacité d'échange cationique***

Le contenu de l'entonnoir sert à la détermination de la capacité d'échange cationique.

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 :

- Va le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'échantillon

VI

*RAMANANJATOVO Fenosoa Lovaseheno*

*Etude morpho-pédologique et pétrographique du terroir de Tsiroanomandidy*

- N sa normalité
- Vo 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  $\text{NH}_4^+$  ainsi dosé est égale à l'équivalence de la capacité d'échange cationique de la prise d'essai, soit :  $N \times V$
- Dans 100 ml de la solution à analyser, on a  $N \times V \times 100/10 = 10 \times N \times V$
- Pour 100 g de sol donc, l'équivalence de la capacité d'échange cationique est :

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

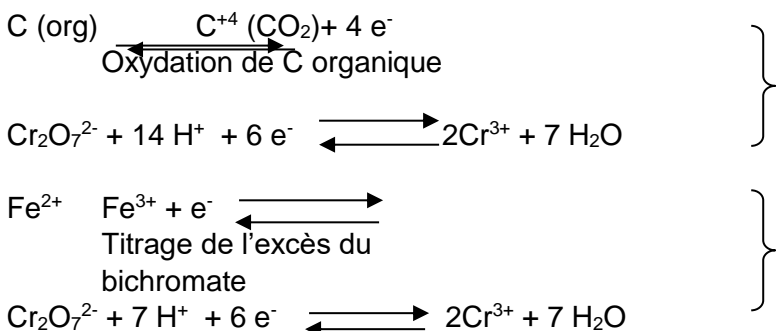
Comme  $N = 0.01 \text{ N}$ , alors :

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

## 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 1N : Dissoudre 49.04g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  dans une fiole jaugée de 1l avec de l'eau distillée et compléter le volume jusqu'au trait du jauge.
- Acide sulfurique concentré : 20 ml par échantillon.
- Sulfate ferreux 0.5 N : Dissoudre 140g de sulfate ferreux ( $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$ ) dans une fiole jaugée de 1l avec de l'eau distillée. Ajouter 15 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré et compléter le volume à 1l avec de l'eau distillée.
- Complexe ferreux-ortho-phénantroline 0.025 M : dissoudre 1.485 g d'ortho-phénantroline monohydraté  $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2, \text{H}_2\text{O}$  et 0.695g de  $\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$  dans de l'eau distillée et compléter le volume à 100 ml.

### Procédure

Peser à peu près 0.5 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 tourner l'erlenmeyer pour faire disperser le sol dans la solution.

Ajouter rapidement 20 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré. Tourner l'erlenmeyer puis agiter vigoureusement pendant 1 mn.



Laisser reposer pendant 30 mn. Ajouter 200 ml d'eau distillée. Ajouter 4 gouttes d'ortho-phénantroline et titrer la solution avec  $\text{FeSO}_4$  0.5N.

La fin de la réaction s'observe par le virage d'une coloration verte intense au rouge violacé.

Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions.

### **CALCUL**

Carbone organique (%) =  $(N_{\text{ox}} \cdot V_{\text{ox}} - N_{\text{red}} \cdot V_{\text{red}}) 0.39 / \text{masse du sol}$

Ox : bichromate de potassium

Red : sulfate ferreux

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

M.O% = carbone % x 1.72



*Mélange de  
bichromate de  
potassium  
acide sulfurique  
sulfate ferreux dans  
un fiole jaugée*

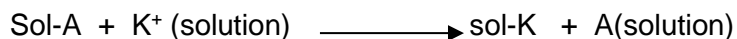


### **Analyse de carbone organique**

### **ACIDITE D'ECHANGE**

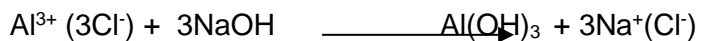
#### **Principe**

Les cations acides échangeables ( $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{H}^+$ ) sont extraits dans le sol par une solution normale de KCl à pH neutre, suivant la relation d'équilibre ci-dessous :

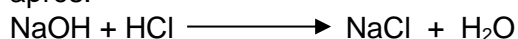


A : cation acide

Ils sont ensuite titrés par une solution diluée de NaOH. L'hydroxyde d'Aluminium ainsi obtenu sera complexé par une solution de NaF suivant les réactions chimiques ci-après :



NaOH ainsi formé sera titré par une solution diluée de HCl suivant la réaction chimique ci-après :



#### **Réactifs**

- KCl 1N
- NaF 1N
- Solution standard de HCl 0.01N.



- Solution standard de NaOH 0.01N.
- Solution de phénolphtaléine. Dissoudre 0.1g de phénolphtaléine dans 100 ml d'éthanol

### **Procédure**

Peser 10g de sol de diamètre 2 mm dans un erlenmeyer de 125 ml.

Ajouter 25 ml de KCl 1M. Bien agiter pendant quelques minutes et laisser reposer pendant 30 mn.

Passer le contenu de l'erlenmeyer sur un Büchner adapté à une fiole à vide et garni d'un papier filtre. Filtrer. Rincer plusieurs fois le contenu de Büchner par 10 ml de KCl 1M jusqu'à ce que le volume total du filtrat atteigne 100 ml environ.

Enlever le Büchner et ajouter 4 à 5 gouttes de phénolphtaléine dans le filtrat.

Titrer ensuite avec une solution de NaOH 0.01N jusqu'à l'obtention d'une coloration rose très pâle. Soit  $V_{NaOH}^E$  le volume de la solution de soude versée.

Ajouter ensuite 10 ml de la solution de NaF 1M et titrer avec la solution de HCl 0.01N jusqu'à la disparition de la couleur rose. Soit  $V_{HCl}^1$  le volume de HCl versé.

Attendre 30 mn. S'il y a réapparition de la coloration rose, retitrer par HCl. Soit  $V_{HCl}^2$  le volume versé.

Le volume total de HCl versé sera donc :  $V_{HCl}^E = V_{HCl}^1 + V_{HCl}^2$

Faire un essai à blanc avec 10 ml de KCl dans les mêmes conditions. Soit  $V_{NaOH}^B$  et  $V_{HCl}^B$  les volumes respectifs de NaOH et de HCl versés.

### **Expression des résultats**

Mesure de l'acidité totale en méq/100g

méq/100g d'acidité totale =  $(V_{NaOH}^E - V_{NaOH}^B) \cdot N_{NaOH} \cdot 10 / \text{masse du sol}$

Mesure de l'aluminium échangeable

méq/100g d'aluminium échangeable =  $(V_{HCl}^E - V_{HCl}^B) \cdot N_{HCl} \cdot 10 / \text{masse du sol}$

Mesure de l'hydrogène échangeable

méq/100g d'hydrogène échangeable = méq/100g d'acidité totale - méq/100g d'aluminium échangeable



Mélange de KCl  
NaOH et HCL

Agitateur  
magnétique

*d'acidité d'échange*

## 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 de  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ , l'azote transformé en ammoniacque est fixé par l'acide sulfurique à l'état de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

$\text{K}_2\text{SO}_4$  permet d'élever la température d'ébullition de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  jusqu'à  $430^\circ\text{C}$ .  $\text{CuSO}_4$  sert de catalyseur.  $\text{NH}_3$  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 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Catalyseur de minéralisation Kjeltab : mélange de 3.5 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  et de 0.4 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  par échantillon.
- Solution d'hydroxyde de sodium 10 N
- Solution d'acide sulfurique 0.01 N
- Indicateur mixte : dissoudre 0.0495 g de vert de bromocrésol et 0.033 g de rouge de méthyle dans 50 ml d'éthanol.
- Solution d'acide borique à 2% : Dans une de 2 L, dissoudre 40 g de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  dans 1800 ml d'eau distillée. Ajouter ensuite 40 ml de la solution de l'indicateur mixte. Mélanger et ajuster le volume avec de l'eau distillée jusqu'au trait de la jauge.

### Mode opératoire

- Minéralisation de l'azote organique.

Dans un tube de digestion, introduire successivement 1g de sol à 0.5 mm de diamètre, 1 catalyseur de minéralisation et 10 ml d'acide sulfurique concentré. Chauffer fortement (environ  $430^\circ\text{C}$ ) 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 20 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 :  $N \times V$

Soit dans la solution à analyser :  $N \times V \times 50 / 10$

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

Dans 100 g de sol, la quantité de N Kjeldahl sera :

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

X

Comme  $N = 0.01\text{ N}$ , alors :  **$N\% = V \times 0.07$**



Analyseur de kjeldahl

Mélange de  $K_2SO_4$  et de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$



### ***Analyse d'azote***

## ANNEXE II : CLASSIFICATION DES PROFILS PEDOLOGIQUES

TABLEAU N : 1 PROFIL AMBOHY 1																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
37 ( 0 - 10 cm)	5.24	1.69	2.91	0.15	12	14	19	67	0.18	0.56	0.51	0.23	4	1	37	1.3
38 (10 - 50 cm)	5.32	0.95	1.63	0.07	14	16	15	69	0.00	0.28	0.25	0.23	3	1	23	0.9
TABLEAU N : 2 PROFIL MANDR 2																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
11 (0 - 7 cm)	4.76	1.17	2.01	0.13	9	22	27	51	0.46	0.61	0.14	0.13	6	1	21	0.1
12 (7 - 50 cm)	4.66	1.00	1.71	0.08	12	20	27	53	0.75	0.94	0.07	0.10	4	2	50	0.5
TABLEAU N : 3 PROFIL FIADANA 1																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
17 (0 - 8 cm)	5.15	1.22	2.11	0.09	13	11	10	79	0.22	0.27	0.16	0.13	2	1	32	4.4
18 (8 - 50 cm)	5.54	0.48	0.83	0.04	11	23	12	65	0.00	0.11	0.07	0.11	4	0	7	2.2
TABLEAU N : 4 PROFIL AMBR 1																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	

19 (0 - 20 cm)	5.9	0.76	1.30	0.06	12	13	12	75	0.19	0.43	0.17	0.14	3	1	27	13.2
20 (20 - 50 cm)	5.37	0.39	0.67	0.04	11	23	14	63	0.21	0.51	0.07	0.08	3	1	29	3.1
<b>TABLEAU N : 5 PROFIL ANKr 1</b>																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
5 (0 -5 cm)	4.91	1.06	1.82	0.09	12	26	11	63	1.10	0.48	0.26	0.19	3	2	60	29.8
6 (5 - 80 cm)	5.47	0.32	0.55	0.03	11	34	11	55	0.45	0.12	0.07	0.07	4	1	17	4.8
<b>TABLEAU N : 6 PROFIL ALIKA 1</b>																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
15 (0 - 14 cm)	5.11	1.22	2.11	0.11	12	13	18	69	0.42	0.06	0.26	0.21	3	1	31	29.2
16 (14 - 80 cm)	5.44	0.43	0.74	0.04	12	13	18	69	0.00	0.15	0.25	0.18	3	1	22	2.8
<b>TABLEAU N : 7 PROFIL ANTSAPE 1</b>																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
96 (0 - 13 cm)	4.78	1.42	2.44	0.175	8	20	16	64	0.13	0.78	0.29	0.03	2.6	1	47	2.9
97 (13 - 100 cm)	4.77	0.36	0.63	0.035	10	20	18	62	0.19	0.61	0.32	0.07	2.1	1	56	4.9
<b>TABLEAU N : 8 PROFIL AMPANA 1</b>																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P ppm
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T mé/100g	S mé/100g	V %	
13 (0 - 35 cm)	5.21	1.90	3.26	0.16	12	34	0	66	0.08	0.16	0.19	0.17	3	1	19	4.3
14 (35 - 100 cm)	5.43	0.46	0.79	0.04	11	20	9	71	0.14	0.12	0.15	0.13	3	1	17	4.5

TABLEAU N : 9 PROFIL ANTSAHO 1																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P <sub>ppm</sub>
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T <sub>mé/100g</sub>	S <sub>mé/100g</sub>	V %	
39 (0 - 10 cm)	5.49	1.71	2.94	0.15	12	18	15	67	0.02	0.25	0.54	0.23	4	1	26	1.9
40 (10 - 80 cm)	5.54	0.58	0.99	0.05	12	24	19	57	0.01	0.18	0.64	0.08	6	1	15	1.7
TABLEAU N : 10 PROFIL MANAMB 1																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P <sub>ppm</sub>
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T <sub>mé/100g</sub>	S <sub>mé/100g</sub>	V %	
31 (0 - 15 cm)	4.53	2.54	4.37	0.25	10	24	19	57	2.65	4.50	0.18	0.21	9	8	86	8.7
32 (15 - 50 cm)	4.44	1.75	3.01	0.16	11	24	19	57	2.25	3.33	0.10	0.14	8	6	71	0.7
TABLEAU N : 11 PROFIL ANALATS 2																
Numéro d'échantillon et profondeur	pH <sub>H2O</sub>	Matière organique				Analyse granulométrique			Eléments échangeables mé/100 g				Etat du complexe			P <sub>ppm</sub>
		C %	M.O %	N %	C/N	A %	L %	S %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	T <sub>mé/100g</sub>	S <sub>mé/100g</sub>	V %	
25 (0 - 12 cm)	4.25	2.84	4.88	0.25	11	13	12	75	2.25	2.17	0.15	0.27	6	5	77	12.8
26 (12 - 50 cm)	4.74	1.18	2.03	0.11	11	5	10	85	1.05	0.53	0.12	0.13	3	2	57	8.7

**ANNEXE III: NORME D'INTERPRÉTATION DES ANALYSES CHIMIQUES DE LA TERRE  
TAMISÉE A 2mm (RIQUIER, modifié par A.L.RAZAFINJARA <sup>1)</sup>)**

**X**

		Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
Bases échangeables en mé/100g	Ca	<1	0 à 2.3	2.3 à 3.5	3.7 à 7	>7
	Mg	<0.4	0.4 à 1	1 à 1.5	1.5 à 3	>3
	K	<0.1	0.1 à 0.2	0.2 à 0.4	0.4 à 0.8	>0.8
Phosphore assimilable	P en ppm	<2.5	2.5 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
Azote total (Kjeldahl)	N. en %	<0.05	0.05 à 0.1	0.1 à 0.15	0.15 à 0.20	>0.25
Matière organique totale	M.O. en %	<0.5	0.5 à 1	1 à 3	3 à 5	>5
Carbone organique	C. en %	<0.3	0.3 à 0.6	0.6 à 1.7	1.7 à 3	>3

	Trop faible	Satisfaisant	Un peu fort	Trop fort
C/N	<10	10 à 20		>20

**COMPLEXE ADSORBANT**

		Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Somme des bases échangeables	S en mé/100 g	<2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	>15
Capacité d'échange cationique	T en mé/100 g	<5	5 à 10	10 à 25	25 à 40	>40
Taux de saturation	V en %	<15	15 à 40	40 à 60	60 à 90	90 à 100



pH (électrode de verre)	<p>&lt;4.5 extrêmement acide</p> <p>4.5 à 5 très fortement acide</p> <p>5.1 à 5.5 fortement acide</p> <p>5.6 à 6 moyennement acide</p> <p>6.1 à 6.5 faiblement acide</p> <p>6.6 à 7.3 neutres</p> <p>7.4 à 7.6 légèrement alcalin</p> <p>7.9 à 8.4 modérément alcalin</p> <p>8.5 à 9.0 fortement alcalin</p> <p>&gt;9.1 très fortement alcalin</p>
-------------------------	--

# ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE ET PETROGRAPHIQUE DU TERROIR DE TSIROANOMANDIDY- REGION BONGOLAVA

**Nom :** RAMANANJATOVO

**Prénoms :** Fenosoa Lovaseheno

**Tel :** 034 79 646 96

**Email :** [lova\\_seheno@yahoo.fr](mailto:lova_seheno@yahoo.fr)

**Encadreur :** Pr RAKOTONDRAZAFY Raymond

**Nombre de page :** 50

**Nombre de tableau :** 8

**Nombre de figure :** 24

## RESUME

Ce travail de mémoire nous a permis en premier lieu à faire un inventaire morpho-pédologique et pétrographique des sites étudiés, puis en second lieu à procéder à la caractérisation typologique et physico-chimique des sols du milieu et enfin, à déterminer les relations géo-morpho-pédologique ou les rôles de la pétrographie sur la pédologie.

Des prélèvements des échantillons en vue d'une analyse au laboratoire et des traitements d'image sur le Système d'Information Géographique (S.I.G.) ont été effectués pour compléter le travail.

Les résultats obtenus ont mis en évidence une corrélation étroite entre la pétrographie, la morphologie et la pédologie. Elles ont permis d'émettre les conclusions suivantes :

- Les syénites qui se trouvent dans des reliefs résiduels sont riches en minéraux ferromagnésiens (pyroxène ou biotite) qui fournissent au sol des ions  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ .
- Les migmatites qui se trouvent dans les basses collines sont riches en quartz et feldspaths potassiques et donnent un sous-sol moyennement fertile.
- Le granite se trouvent dans les reliefs résiduels d'Ambohiby, le complexe d'Ambohiby une zone montagneuse environ 225 km<sup>2</sup>, riche en quartz et feldspath potassiques et donne un sol peu fertile.

Ce travail de mémoire Master nous a permis de dire que les sols dans le secteur (Tsiroanomandidy) region moyen -Ouest de Madagascar ont un caractère moyennement acide ( $5,6 < pH < 6$ ) et sont riches en matières organiques ( $MO < 3\%$ ).

## ABSTRACT

This memory work enabled us to make a geo-morpho-pedological inventory of the studied sites, then to do it with the typological and physico-chemical characterization of the soils of the medium and lastly, to determine the geo-morpho-pedological relations. or the roles of geology on pedology.

Sample collection for laboratory analysis and image processing on the Geographic Information System (GIS) was completed to complete the work.

The results obtained showed a close correlation between geology, morphology and pedology. They made the following conclusions:

- The syenites found in the residual reliefs or the high convex hill are rich in ferromagnesian minerals (pyroxene or biotite) which lead to the soil

$Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  ions.

- The migmatites found in the low hills are rich in quartz and potassium feldspars and give an infertile subsoil.
- The granite is located in the Ambohiby reliefs, Ambohiby complex, with an area of about 225 km<sup>2</sup>, rich in quartz and field potassium, and gives it a very high fertility

This Master's memory work allowed us to say that the soils in the sector (Tsiroanomandidy) mid-western region of Madagascar have a moderately acidic character ( $5.6 < pH < 6$ ) and are rich in organic matter ( $MO < 3\%$ )