

# LISTE DES TABLEAUX

<b>TABLEAUX</b>	<b>Pages</b>
Tableau n°01 : Données climatiques recueillis à Ifanadiana sur 30 ans (1951-1980).....	03
Tableau n°02 : Valeurs de pH optimal pour certaines cultures en pays tropicaux.....	28
Tableau n°03 : les différentes occupations des sols selon les types des sols, les toposéquences et l'unité pédomorphologique.....	42
Tableau n°04 : Tableau récapitulatif pour les différentes améliorations des sols et orientations sur l'aménagement physique.....	55
Tableau n°05 : Schéma d'aménagement et de protection de bassin versant de Manapatrana.....	56

# LISTE DES CARTES

<b>CARTES</b>	<b>Pages</b>
Carte n°01 : Carte de localisation du bassin versant de Manapatrana.....	04
Carte n°02 : Carte pédomorphologique du bassin versant de Manapatrana.....	33
Carte n°03 : Carte d'occupation des sols du bassin versant de Manapatrana.....	43
Carte n°04 : Carte des toposéquences du bassin versant de Manapatrana.....	44
Carte n°05 : Carte de vocation des sols du bassin versant de Manapatrana.....	60

# LISTE DES FIGURES

<b>FIGURES</b>	<b>Pages</b>
Figure N°1 : Courbe ombrothermique.....	05
Figure N°2 : Distribution de la population par classe d'âge.....	10
Figure N° 3 : Schéma récapitulatif de la méthodologie d'étude.....	20

# LISTES DES ACRONYMES

AMGT :	Aménagement
AP :	Aires protégées
CAP/AFN :	Cadre d'Appui à la Formation- Agents de Protection de la Nature
CEDII :	Centre d'Echange et de Documentation Inter Institutionnel
CEC :	Capacité d'Echange Cationique
CITE :	Centre d'information Technique et Economique
COBA :	COmmunauté de BAse
DFN :	Domaine Forestier National
ERI:	Eco-Régional Initiatives program
ESSA:	Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
FAO:	Food and Agriculture Organisation
FC:	Forêts Classées
FOFIFA:	Foibe Fikarohana ho Fampanandrosoana ny eny Ambanivohitra
FTM:	Foibe Taontsaritanin'i Madagasikara
GELOSE:	GEstion LOcale SEcurisée
LDI:	Landscap Development Intervention
MAE :	Mésures Anti-érosives
MED :	Mis En Défens
RNCFM:	Réseau National des Chemin de Fer Malgache
SIG :	Système d'Information Géographique
SRA :	Système de Riziculture Amélioré
SRI :	Système de Riziculture Intensifié
STABEX :	système de STAbilisation des EXportation

## GLOSSAIRE

Fitomboka :	Bâton avec lequel on fait un petit trou pour semer le riz
<i>Foringa</i> :	Versant à pente moyenne à forte
Galeoka :	Rhum local
Goro :	Gros couteau utilisé pour le défrichage
<i>Harana</i> :	Versant à pente très forte
<i>Harenana</i> :	terrain à replat
<i>Kapoka</i> :	Jachère âgée de 2ans
Kivokaka :	Technique de plantation de manioc
Koloharena :	Association paysanne pour le développement agricole de la région
<i>Roranga</i> :	Jachères des milieux dégradés, à dominance de fougère et de graminées
Tany toha :	éboulement
Tomboka :	technique des sémis direct,
Tovohindy :	début de stade de la jachère
Vondraka :	productif

# RESUME

Madagascar n'échappe pas aux préoccupations mondiales relatives à la dégradation de l'environnement, à la perte de la biodiversité et à la paupérisation généralisée. C'est pour la sauvegarde de cette biodiversité contenue essentiellement dans les forêts de l'Est de Madagascar, la protection des sols contre les phénomènes d'érosions, et pour la lutte contre les misères qui frappe la population Tanala, qu'a été proposée cette étude intitulé « Etude technique de système de protection et d'aménagement de bassin versant du terroir Manapatrana IKongo ». En effet, la mise en valeur rationnelle de la ressource en sol en tant que support nourricier, donnerait des meilleurs rendements agricoles et épargnerait les vestiges des forêts naturelles. Les aspects techniques obtenus par observations sur terrain des différents types des sols et par l'exploitation bibliographique, ainsi que des visions paysannes recueillies à partir de l'enquête sur les ressources en sol ont été conciliés, ce qui a permis d'établir le schéma de mise en valeur des sols ou d'aménagement du bassin versant de Manapatrana, et aussi de réaliser les différentes cartes thématiques en particulier la carte de vocation des sols. Chaque type des sols a des vocations en fonction des contraintes et potentialités déterminées par leurs propriétés physico-chimiques.

# TABLES DES MATIERES

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....	<b>3</b>
<b>I-1 MILIEU PHYSIQUE</b> .....	<b>3</b>
1-1-1 Situation géographique du bassin versant .....	3
1-1-2 Climat .....	3
1-1-2-a Pluviométrie .....	3
1-1-2-b Température .....	5
1-1-2-c Courbe ombrothermique de GAUSSEN .....	5
1-1-3 Hydrographie .....	6
1-1-4 Géologie et Géomorphologie.....	6
1-1-5 Pédologie .....	6
<b>II-2 MILIEU BIOLOGIQUE</b>	
1-2-1 Flore et végétation .....	7
1-2-2 Faune .....	8
<b>I-3 MILIEU HUMAIN</b> .....	<b>9</b>
1-3-1 Population.....	9
1-3-1-a Historique .....	9
1-3-1-b Taille de la population.....	9
1-3-2 Distribution de la population par classe d'âge.....	9
<b>CHAPITRE II LA METHODOLOGIE</b> .....	<b>11</b>
<b>II-1 APPROCHES METHODOLOGIQUES</b> .....	<b>11</b>
2-1-1 Contexte et Problématique.....	11
2-1-1-a La culture sur brûlis ou « tavy ».....	11
2-1-1-b Les effets du « tavy » sur le sol.....	11
2-1-2 Objectifs de l'étude :.....	12
2-1-3 Hypothèses.....	13

<b>II-2 METHODOLOGIE.....</b>	<b>14</b>
2-2-1 Etude bibliographique.....	14
2-2-2 Approche sociale : enquête socio-économique.....	14
2-2-2-a Lieu et modes d'enquêtes .....	14
2-2-2-b Cadre de l'enquête effectuée .....	15
2-2-3 Approche technique .....	15
2-2-3-a Etude morphopédologique.....	15
2-2-3-b Confrontation des documents issus de la bibliographie avec toutes les données recueillis pour la mise en valeur du sol ou l'aménagement du bassin versant de Manapatrana .....	17
2-2-3-c Elaboration des cartes.....	17
2-2-3-d Les différentes cartes élaborées.....	19
<b>II-3 SCHEMA RECAPITULATIF DE LA METHODOLOGIE D'ETUDE.....</b>	<b>20</b>
<b>II-4 DISCUSSIONS METHODOLOGIQUES.....</b>	<b>21</b>
3-4-1 Les atouts de notre étude .....	21
3-4-2 Les limites de l'étude et problèmes rencontrés.....	21
3-4-2-a Sur la Cartographie.....	21
3-4-2-b Sur la réticence des paysans .....	22
<b>CHAPITRE III RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....</b>	<b>23</b>
<b>III-1 RESULTATS DES ETUDES MORPHOPEDOLOGIQUES.....</b>	<b>23</b>
3-1-1 Caractérisation des sols du bassin versant.....	23
3-1-1-a Les unités pédomorphologiques rencontrées.....	23
3-1-1-b Les propriétés physiques des sols.....	24
3-1-1-c Les propriétés chimiques des sols .....	27
3-1-1-d Description des unités pédomorphologiques rencontrés .....	30
- Association des sols ferrallitiques pénévulés et sols peu évolués sur reliefs résiduels (Code1).....	30
- Association des sols ferrallitiques typiques à structure polyédrique, sols pénévulés sur reliefs de dissection (Code2) .....	31
- Les sols ferrallitiques pénévulés dominants des collines disséquées (Code3) .....	31

- Association des sols typiques à structure polyédrique, des sols ferrallitiques rajeunis, et des sols ferrallitiques pénévulés sur collines convexes (Code4).....	31
- Les sols ferrallitiques rouges, sols remaniés sur terrasse ancienne (Code5).....	31
- Les sols ferrallitiques humifères sur colluvions de bas de pente (code6).....	32
- Les sols hydromorphes des bas fonds (Code7).....	32
3-1-2 Caractérisation de l'érosion .....	32
<b>III-2 ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES .....</b>	<b>34</b>
III-2-1 Agriculture :.....	34
3-2-1-a Classification et vocation des sols selon les paysans .....	34
3-2-1-b Les itinéraires techniques des cultures .....	35
3-2-1-c Pratiques culturelles.....	38
3-2-1-d Problèmes majeurs d'agriculture.....	40
3-2-1-e Les différentes occupations des sols selon les types des sols, les toposéquences, et l'unité pédomorphologique .....	41
III-2-2 Elevage .....	45
3-2-2-a Bovins.....	45
3-2-2-b Volailles .....	45
3-2-2-c Porcins .....	45
3-2-2-d Pisciculture .....	45
3-2-2-e Apiculture .....	45
III-2-3 Tenure foncière.....	46
III-2-4 Organisation sociale .....	46
3-2-4-a Institutions administratives.....	46
3-2-4-b Mpanjaka .....	46
3-2-4-c Organisations .....	47
III-2-5 Activités de reboisement.....	47
3-2-5-a Pépinière .....	47
3-2-5-b Reboisement .....	47

**CHAPITRE IV ORIENTATIONS POUR L'AMENAGEMENT ET PROTECTION DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA..... 48**

**IV-1 PROPOSITIONS POUR L'AMELIORATION DU SOL..... 48**

4-1-1 Fertilisation par le NPK.....	48
4-1-2 Emploi du fumier de Parc.....	48
4-1-3 Utilisation du Compost.....	48
4-1-4 Dolomie (ou chaulage).....	49
4-1-5 Jachère améliorée.....	50
4-1-6 Association des cultures.....	50
4-1-7 Rotation culturale.....	51
4-1-8 Semis direct.....	51
4-1-9 Gestion et conservation de l'eau sur la parcelle.....	52
4-1-10 Engrais vert.....	52
4-1-11 Azolliculture.....	52
4-1-12 Paillage.....	54
4-1-13 L'agroforesterie.....	54
<b>IV-2 SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE PROTECTION DU BASSIN VERSANT</b>	
<b>DE MANAPATRANA.....</b>	<b>56</b>
4-2-1 Code 1 : Forêt naturelle peu dégradée + MED + AMGT.....	57
4-2-2 Code2 : Forêts dégradées : enrichissement + MED.....	57
4-2-3 Code3 : Reboisement déjà installé + AMGT.....	58
4-2-4 Code 4 : Jachère + MED + afforestation.....	58
4-2-5 Code 5 : Terrain de culture + Agroforesterie (arbre + culture + arboriculture) + MAE.....	58
4-2-6 Code 6 : Terrains de cultures vivrières + MAE avec des légumineuses.....	59
4-2-7 Code7 : Colluvions de bas de pente : Vocation agricole + MAE.....	59
4-2-8 Code8: « Harenana » ou replat : Vocation agricole (a), reboisement (b).....	59
4-2-9 Code 9 : SRA et SRI des rizières des bas fonds.....	59
4-2-10 Code 10 : SRI et SRA des rizières en étages.....	59
<b>IV-3 LES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT.....</b>	<b>61</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>63</b>

# INTRODUCTION

# INTRODUCTION

A Madagascar, la législation sur les terroirs forestiers a été initiée en 1930. A l'époque, les autorités ont placé les forêts naturelles des terrains domaniaux sous la responsabilité du service des eaux et forêts. Le processus de classement de ces forêts domaniales, appelés aussi Réserves Forestières, a continué jusqu'à 1955. Par la suite, de nouveaux décrets ont redéfini le découpage du terroir forestier aboutissant au sept formes actuelles de classement qui composent le Domaine Forestier National (Vincelette 1993) qui sont : Les Réserves Naturelles Intégrées, les Réserves Spéciales, les Parcs Nationaux, les Forêts Classées, les Réserves Forestières, les Périmètres de Reboisement, et les Stations Forestières. Dans le contexte de cet essai, il est suffisant de se concentrer sur deux grandes catégories du domaine forestier : les Aires protégées (AP) et le reste du domaine forestier national. Sont incluses dans la seconde catégorie, entre autres, les Forêts Classées (FC) qui regroupent les anciennes réserves forestières.

Dans la région Est, ce sont les forêts domaniales non classées qui ont souffert le plus en terme de superficie aux pratiques dévastatrices. L'agriculture itinérante cause une fragmentation de la matrice forestière originelle. S'y ajoutent les feux incontrôlés, l'écroulement excessif et le pâturage en forêts. La majorité des îlots forestiers subissent ultérieurement un appauvrissement de leur composition et une dégradation de leur structure. Le morcellement de la forêt primaire et la perturbation des fragments restants entraînent une série des conséquences biologiques et environnementales néfastes.

La rupture de la couverture forestière de la région Est, ainsi que la mauvaise gestion des friches causent une série des problèmes, tels l'érosion accélérée, la perte du potentiel productif et le déséquilibre écologique.

Face à ce problème, le programme ERI s'inscrit dans une recherche visant à concilier le développement économique et la préservation des milieux dans la région de Manapatrana où les cultures itinérantes sur brûlis ou « tavy » causent des dégâts écologiques et socio-économiques importants.

D'une part, de grandes étendues des forêts naturelles, abritant plusieurs espèces végétales et animales dont la plupart sont endémiques de Madagascar ont été défrichées et ont alors disparu. L'avenir des forêts restantes est à craindre à cause de la persistance et de l'ampleur de cette pratique. D'autre part, les répétitions trop rapprochées des feux suivies des cultures sur les mêmes parcelles ont fait apparaître les symptômes de dégradation chimique (ex : couleur jaunâtre des feuilles des végétaux due au manque d'azote dans le sol), biologique

(composition floristique des certaines parcelles dominées par des espèces indicatrices d'un sol pauvre), physique (érosions en nappe, rigoles, éboulement,...) et même hydrologique (tarissement des ruisseaux).

Les motifs socioculturels importants dans cette problématique sont : la faible production du riz irrigué due à l'exiguïté des bas fonds aménageables en rizières, la croissance démographique galopante, la tradition des paysans à s'approprier d'autres terrains plus fertiles pour leurs cultures. En plus, la principale raison qui incite les paysans, ces dernières années, à attaquer beaucoup plus à la forêt et à intensifier la pratique du « tavy » sur les « tanety » est la chute de prix des produits des rentes (girofle, vanille, et surtout le café) pour assurer leur sécurité alimentaire et pour faire face à l'augmentation du coût de la vie.

La présente étude « *étude technique de système de protection et d'aménagement de bassin versant du terroir de Manapatrana Ikongo* » cherche à proposer des techniques agroforestières qui forment un gradient entre la forêt et l'agriculture intensive.

Pour cette étude concernant la mise en valeur des sols et l'aménagement du bassin versant de Manapatrana, les chapitres suivants seront développés ci après :

- La présentation de la zone d'étude
- La méthodologie
- Les résultats et interprétations
- L'orientation pour l'aménagement et protection de Bassin versant de Manapatrana
- Et la conclusion

**CHAPITRE I**  
**PRESENTATION DE LA ZONE**  
**D'ETUDE**

# Chapitre I PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

## I-1 MILIEU PHYSIQUE

### 1-1-1 Situation géographique du bassin versant

Le bassin versant de Manapatrana se trouve entre 21° 67' de latitude Sud et 47°58' de longitude Est. Dans la région de « Vatovavy Fitovinany », faisant partie du district d'Ikongo, il est situé à 39 km au Nord Est sur l'axe de la RNCFM (Fianarantsoa- Manakara). Sa superficie est de 103 Hectares.

### 1-1-2 Climat

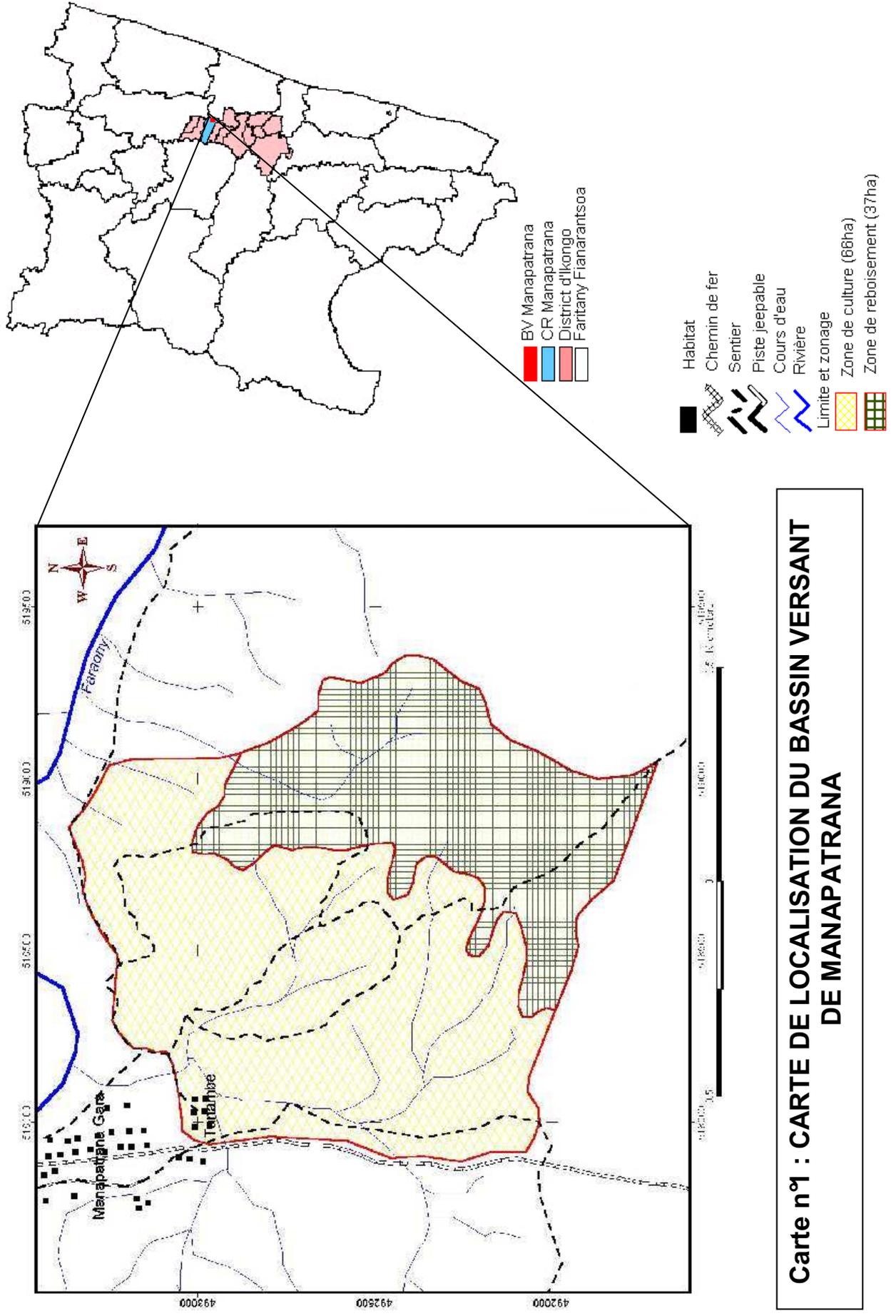
Généralement, Manapatrana est caractérisé par un climat tropical chaud et humide. Fautes de données officielles sur la pluviométrie et la température de Manapatrana, nous avons pris les données climatiques d'Ifanadiana. Le tableau suivant représente les données climatiques (température et pluviométrie) recueillis à Ifanadiana sur 30 ans (1951-1980)

**Tableau n° 01 : Données climatiques sur 30 ans (1951-1980)**  
**Pluviométries et températures mensuelles (Recueillis à Ifanadiana)**

Mois	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin
P° (en mm)	Pluviométrie											
Moyenne	106,9	108,6	70,4	68,1	179,6	353,0	413,1	421,8	418,8	133,7	86,2	98,7
Nb de jours	14	12	9	8	15	19	19	18	21	16	13	13
T° (en °C)	Température											
Tmin	12,5	12,4	13,8	15,6	17,3	18,7	19,3	19,2	18,8	17,6	14,7	12,2
Tmax	23,6	24,3	26,4	28,6	29,5	30,2	30,0	30,0	28,5	28,2	26,1	24,1
Tmoyenne	18,1	18,4	20,1	22,1	23,4	24,5	24,7	24,6	23,7	22,9	20,4	18,2

### 1-1-2-a Pluviométrie

La pluviométrie annuelle est 2459mm répartie sur 177 jours et il n'existe pratiquement pas de saison sèche. De décembre à Mars, les pluies sont très abondantes avec un maximum de pluie en Janvier (413,1mm) et Février (421,8mm). Du mois d'Avril au mois de novembre, la saison est moins pluvieuse. Les précipitations sont nettement réduites en mois de septembre (70,4mm) et en Octobre (68,1mm)



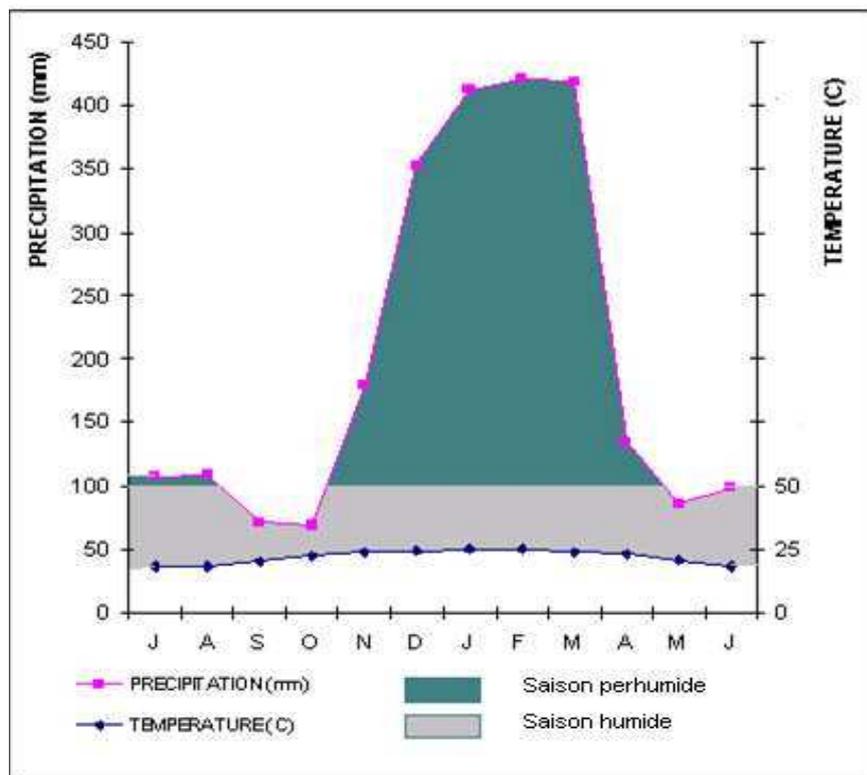
**Carte n°1 : CARTE DE LOCALISATION DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA**

### 1-1-2-b Température

La température moyenne annuelle est de 21,77° C. Celle du mois le plus froid est de 12,2° C (mois de juin) celle du mois le plus chaud est de 30,2° C soit une amplitude thermique de 18°C. Il fait plus chaud au mois de Décembre et au mois de Janvier (24,5° et 24,7°) et un peu froid au mois de Juin et Juillet. L'amplitude moyenne journalière est de 8,1° C.

### 1-1-2-c Courbe ombrothermique de GAUSSEN

La Courbe ombrothermique de GausSEN est une représentation graphique de la précipitation et de la température. La courbe ombrique (Ombros=pluie) représente les précipitations moyennes mensuelles, la courbe thermique (Thermos= température) celles des températures moyennes mensuelles à une échelle de température double des précipitations (P=2T).



**Figure 1 : Courbe ombrothermique**

D'après la courbe, pendant toute l'année, nous avons deux saisons différentes.

- Une saison chaude et pluvieuse du mois d'octobre jusqu'au mois de Mai
- Une saison froide et humide du mois de juin jusqu'au mois de septembre

### **1-1-3 Hydrographie**

Le bassin versant est hiérarchisé par plusieurs réseaux hydrographiques (à savoir trois ruisseaux). Les petits cours d'eau venant de la montagne de Mahatsinjo se rassemblent en aval et forment des ruisseaux. Les noms de ces cours d'eau servent à la toponymie. Mahatsinjo est formé de trois sources dont l'un d'entre eux assure l'approvisionnement en eau potable du village de Manapatrana, les deux autres traversent une zone des bas fonds en aval. Akaramanja est caractérisée par deux sources ; ces deux sources se rencontrent et jouent un rôle important dans l'irrigation des rizières au niveau des talwegs et des bas fonds. Les deux ruisseaux venant d'Akaramanja et Mahatsinjo se joignent et prennent un nouveau nom Hazomena , celui-ci draine la rivière de FARAONY. Andrebosa, qui est plus grand par rapport aux autres, formé par trois sources en amont a le même rôle que les précédents.

### **1-1-4 Géologie et Géomorphologie**

Manapatrana est bâtie sur un socle cristallin. D'après BESAIRIE (1949), les formations géologiques du bassin versant sont caractérisées par des roches métamorphiques appartenant au système du graphite. Il est constitué par des migmatites schisteuses à biotites intercalées par des gneiss amphiboliques (qui affleurent à la surface).

Du point de vue géomorphologique, selon BOURGEAT (1972), le bassin versant correspond également à l'aplanissement finitertiaire (niveau III). La surface inférieure (SIII) à l'Est de la falaise est surmontée par des reliefs dérivés de la surface intermédiaire (SII). Ce niveau est limité aux affleurements des roches facilement altérables (schistes, gneiss, et migmatites). Sur ce niveau, les zones d'altération sont profondes car les roches sont facilement altérables. Les reliefs dominants ont des zones d'altération peu profondes.

### **1-1-5 Pédologie**

Les sols dominants sont constitués par des « *ferralsols humiques* » d'après la classification de la FAO ou des sols ferrallitiques selon la classification française. Généralement, les horizons humifères présentent une épaisseur moyenne de 10 à 30 cm. Dans les bas-fonds, avec une superficie restreinte, ils sont alluvionnaires, hydromorphes (RAKOTONARIVO ; Projet CAF/APN, 1997).

## II-2 MILIEU BIOLOGIQUE

### 1-2-1 Flore et végétation

Dans le bassin versant de Manapatrana, le couvert végétal n'arrive plus à assurer une protection suffisante contre les divers facteurs de l'érosion, les sols sont plus ou moins dénudés.

La disparition actuelle de la forêt naturelle est essentiellement due aux défrichements pour cultures sur brûlis ou « *Tavy* », des feux de brousse, du surpâturage et d'exploitations abusives des bois. La forêt naturelle est remplacée normalement par une formation secondaire (savane, savoka) qui mène très lentement à la réinstallation de la forêt. Mais les méfaits répétés de la déforestation entraînent une succession régressive des formations secondaires (pseudosteppes) de moins en moins protectrices du sol et de plus en plus pauvre en espèces fourragères. On peut classer la formation végétale du bassin versant en trois catégories :

Les vestiges des forêts naturelles en amont plus précisément sur le sommet de relief résiduel (montagne de Mahatsinjo où il y a affleurement rocheux) suivies par les formations secondaires « savoka » ou savane et les pseudosteppes sur les sommets et versants des collines.

#### • Vestiges des forêts naturelles

La végétation d'origine a été constituée par une forêt dense humide ombrophile. Actuellement, elle est très exploitée, sa limite régresse régulièrement à la suite des abattages et brûlis pratiqués pour installer les différentes cultures. Mais elle est riche en espèces forestières caractéristiques de l'Est (Cf annexe IX).

#### • Forêts dégradées secondaires ou « savoka »

Comme nous avons déjà dit au dessus que le « savoka » succède la forêt naturelle. C'est une formation secondaire résultant d'une déforestation récente. Elle est riche en espèces forestières dont les « savoka » à Harongana (*Harungana madagascariensis*), les « savoka » à *Psiadia* (Dingadingana). Après des brûlis répétés on s'achemine vers des espèces buissonnantes comme les « savoka » à bambous (*Nactus caputatus*), « savoka » à *Lantana camara* (radriaka), ou des peuplements clairsemés de « savoka » à ravenales (*Ravinalas madagascariensis*).

#### • Les pseudosteppes

Les formations graminéennes (pseudosteppes) couvrent une très grande superficie dans le bassin versant. Elles sont très variées dont les espèces le plus rencontrées sont : *Stenotaphrum dimitiatum* (« Ahipisaka »), *Paspalum conjugatum* (« Ankanimpody »), *Huparrhenia rufa* (« Vero »). Il y a

rarement prédominance d'une seule espèce. Ces graminées sont fréquemment associées à des peuplements plus ou moins clairsemés des Ravenales (*Ravenalas madagascariensis*).

### **1-2-2 Faune**

D'après l'inventaire de GOODMAN (2001), les animaux sauvages rencontrés dans les forêts de cette région sont constitués par diverses espèces d'oiseaux (101 espèces), de lémuriens (12 espèces), de reptiles et d'amphibiens (107 espèces).

## **I-3 MILIEU HUMAIN**

### **1-3-1 Population**

#### **1-3-1-a Historique**

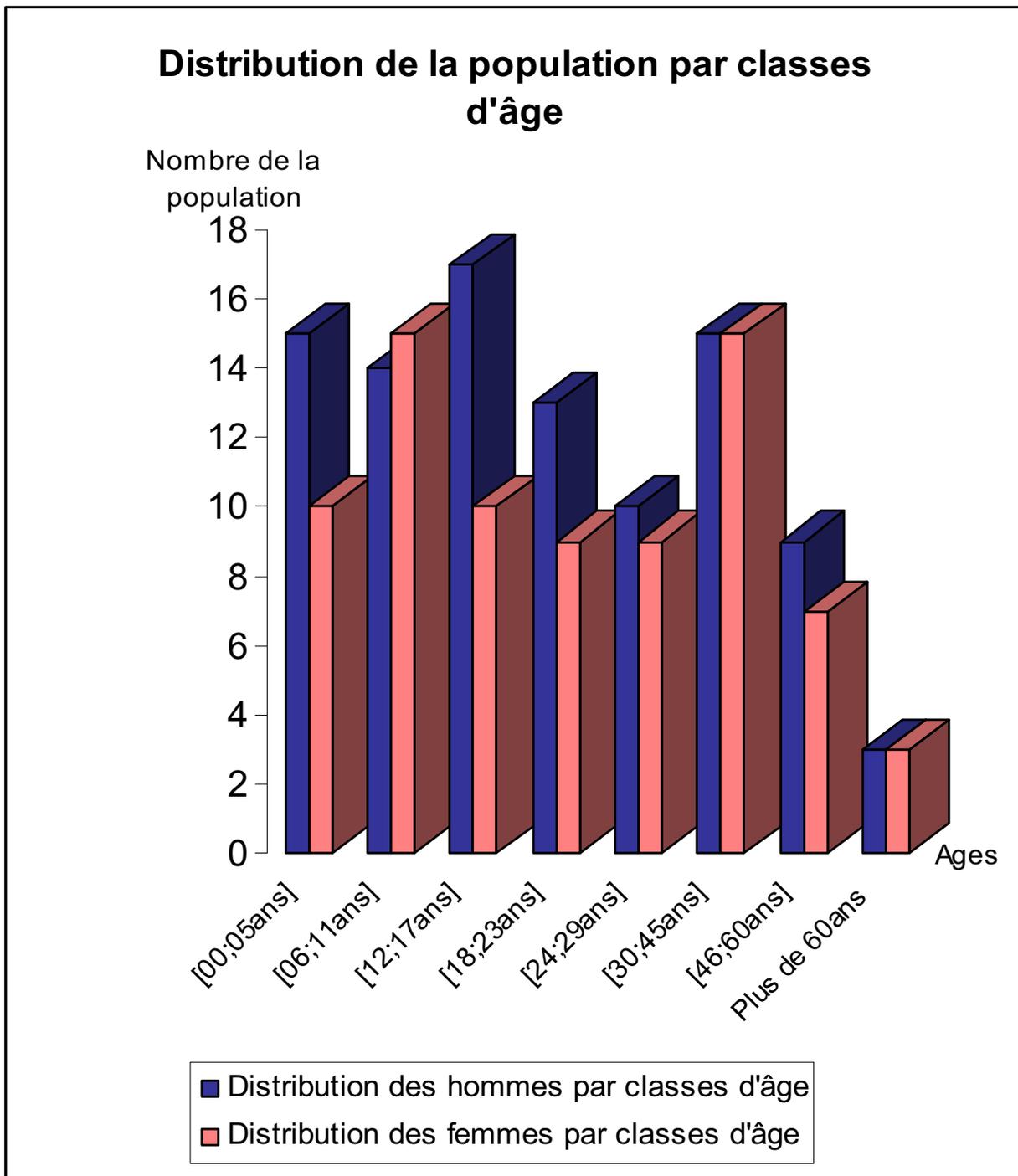
En général, la population est formée d'ethnie « *Tanala* » d'origine de Farafangana composée des guérisseurs appelés « *Mahadodo* ». Le premier village a été placé sur la colline de Mahatsinjo. Une fois installé sur la colline, le peuple a brûlé la forêt pour cultiver. Pendant la colonisation, il est interdit la pratique de ce « *Tavy* » sur la colline et ce pour protéger les sources d'eau collinaires. De ce fait, la population était obligée de s'installer sur la bordure de la voie ferrée d'où l'origine du village Tanambe Manapatrana. L'implantation de la voie ferrée avait favorisé l'arrivée des certains immigrants venant de toutes les régions de Madagascar comme les Merina, les Betsileo, Antandroy, Antakarana, etc...

#### **1-3-1-b Taille de la population**

L'effectif total de la population est de 174 individus dont la plupart habitent à Tanambe. En général, la population est jeune et les hommes sont plus nombreux que les femmes. Au total, on compte 96 hommes et 78 femmes.

#### **1-3-2 Distribution de la population par classe d'âge**

La distribution de la population par classe d'âge permet de voir la répartition de la population selon les classes d'âges. Les données statistiques sont obtenues à partir d'enquêtes effectuées au niveau des ménages utilisateurs du bassin versant de Manapatrana. La figure suivante (figure 2) représente la distribution de la population suivant les classes d'âges.



**Figure2 : Distribution de la population par classe d'âge**

**CHAPITRE II**  
**LA METHODOLOGIE**

## **Chapitre II LA METHODOLOGIE**

### **II-1 APPROCHES METHODOLOGIQUES**

#### **2-1-1 Contexte et Problématique**

##### **2-1-1-a La culture sur brûlis ou « tavy »**

La culture sur brûlis ou «*tavy*» est pratiquée dans toute l'île mais plus particulièrement sur la falaise orientale aux reliefs accidentés et à fortes pentes. Cette pratique culturelle entraîne une perte rapide de la fertilité qui oblige les paysans à abandonner la parcelle après quelques récoltes et à recommencer ailleurs le processus de défrichage.

Le «*tavy*» est une pratique agricole traditionnelle qui consiste à couper une portion de la forêt primaire ou secondaire pendant la saison sèche, à laisser sécher sur place les produits de la coupe. Puis à mettre le feu avant de procéder à la mise en culture. Cette pratique est adoptée très souvent par les paysans pour leurs cultures vivrières et surtout le riz pluvial dans la falaise Est de Madagascar. (PDFN, 1995).

##### **2-1-1-b Les effets du « tavy » sur le sol**

Sur le versant Est de Madagascar, à l'état initial, les unités sol végétation non dégradées possèdent des bonnes conditions de fertilité chimique et physique. D'une part, le sol présente des bonnes propriétés physiques (humidité des sols, porosité, perméabilité) grâce aux teneurs assez élevées en matières organiques. D'autre part, la végétation joue un rôle important dans le contrôle de la dégradation des sols évitant les pertes de terre par érosion. Ces dernières sont limitées à 0,1 à 0,4 t/ha dans la forêt (BRAND et WILFRED, 1997).

Sous l'effet du «*tavy*» très fréquente dans la région, le sol est dégradé. A ce propos, pendant deux à trois cycles de brûlis, la minéralisation de la végétation pourrait augmenter la concentration en nutriments (Ca, Mg, K, N, P,...). Malgré tout, l'utilisation fréquente des versants et le passage périodique du feu détériorent ces sols vers un état critique tant en qualité physico-chimique qu'en matière de résistance à l'érosion.

Concernant les propriétés physiques (humidité des sols, porosité, perméabilité) qui sont initialement excellentes, elles se dégradent constamment dès les premiers brûlis sous l'actuelle utilisation de ces sols. En effet, les pertes de terres varient de 0,37 à 0,62 t/ha pour les savoka et de 0,5 à 0,87 t/ha dans les savanes, alors que sur les parcelles de cultures, l'érosion atteint jusqu'à 14,6 t/ha pour le riz pluvial (BRAND et WILFRED, 1997).

A propos des effets sur les propriétés chimiques, les avantages à court terme de cette pratique culturale sont réels à savoir la libération rapide et efficace des nutriments au bénéfice des cultures et la lutte contre les rongeurs. Pourtant, à long terme, cette méthode culturale basée sur l'utilisation du feu augmente les pertes en nutriments du sol. Les pertes annuelles en éléments minéraux des sols sous végétations (forêt, savoka, savane) sont estimées à 0,1% seulement de stock dans l'horizon A. Cependant elles s'élèvent à 10% pour la culture du riz pluvial (BRAND et WILFRED, 1997). Sous l'effet du feu, la capacité d'échange cationique (CEC) baisse et la destruction d'une partie de la matière organique fait que la plus grande partie des nutriments minéralisés est rapidement lessivée. Effectivement, les sols deviennent de plus en plus pauvres chimiquement notamment en P, K, Ca, Mg, tandis que la toxicité aluminique s'élève et l'acidité est plus ou moins prononcée (RAKOTONARIVO, 2000).

### **2-1-2 Objectifs de l'étude :**

L'objectif général de notre étude est d'appréhender les ressources naturelles du bassin versant de Manapatrana, en particulier le sol, afin de proposer un schéma d'aménagement et de protection du bassin contre l'érosion, tout en instaurant un système favorable au développement agro-environnemental, avec des techniques tout à fait adaptées en milieu rural.

En tenant compte de cet objectif général, des objectifs spécifiques ont été considérés au sein du bassin versant. Pour avoir des informations sur les utilisations actuelles des ressources naturelles, sur les ressources en sol et leurs contraintes et potentialités, on cherche à les obtenir par : l'étude bibliographique, l'approche sociale et les approches techniques. L'étude bibliographique a pour objectif de collecter des renseignements concernant le sujet d'étude et de permettre l'intégration des données déjà existantes.

L'approche sociale consiste à

- Effectuer une enquête socio-économique pour recueillir les informations concernant l'utilisation traditionnelle des ressources naturelles effectuées par les paysans afin d'orienter des aménagements futurs.

En ce qui concerne les approches techniques, il s'agit de :

- Faire une étude morphopédologique (description du profil pédologique et analyse des échantillons au laboratoire) pour connaître la distribution spatiale des différents types des sols, ainsi que leurs propriétés physico-chimiques et leur situation topographique afin de déterminer leur vocation.
- Produire des cartes thématiques qui permettent à la population d'avoir une meilleure conception et vision sur l'aménagement de ces ressources naturelles.

### **2-1-3 Hypothèses**

Face à la problématique sus énoncées, notre étude intitulée « études techniques du système de protection et aménagement du bassin versant de Manapatrana » basée sur l'étude des sols et leur vocation peut apporter des éléments de solutions à travers ses concepts de base: préserver l'équilibre de l'écosystème tout en faisant augmenter la productivité agricole et valoriser au maximum les ressources naturelles renouvelables du milieu en initiant l'application des techniques adaptées au changement des conditions locales. En effet, dans l'avenir, en égard à la croissance démographique, les paysans du bassin versant de Manapatrana et les générations futurs seront obligés de produire sur leurs surfaces actuelles. A cet effet, notre étude devra transformer peu à peu les techniques traditionnelles en introduisant les techniques adéquates, plus productives, plus intensives et durables. En tenant compte des conditions économiques, organisationnelle et socio culturelle, l'amélioration de l'exploitation agricole par les rotations culturales, les jachères améliorées, les techniques agroforestières apportées par l'aménagement proposé pourraient augmenter la productivité et freiner les dégradations écologiques (dégradation des forêts, érosion, etc...) au sein du bassin versant.

## **II-2 METHODOLOGIE**

### **2-2-1 Etude bibliographique**

L'étude bibliographique a été axée sur les notions d'aménagement et de gestion des ressources naturelles particulièrement le sol. Les travaux documentaires ont été menés auprès des différents centres de documentation entre autres :

- Le CEDII Fianarantsoa (Centre d'Echange et de Documentation Inter Institutionnel)
- La Bibliothèque ERI Fianarantsoa
- La Bibliothèque de l'ESSA, Département Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo
- Le Centre d'Information Technique et Economique (CITE) Ambatonakanga.
- La Service météorologique Ampandrianomby
- La Service de la Géologie de Madagascar Ampandrianomby
- L'institut National Géographique ou Foibe Taontsaritanin'i Madagasikara (FTM)

### **2-2-2 Approche sociale : enquête socio-économique**

#### **2-2-2-a Lieu et modes d'enquêtes**

L'enquête socio-économique a été effectuée au niveau de la population utilisateur du bassin versant de Manapatrana. Les modes d'enquêtes sont des interviews et des réunions.

##### **➤ Les interviews**

Les enquêtes ou les interviews effectués aux paysans sont organisés en deux types : le type formel et informel

Le type formel :

Dans ce cas, on a informé à l'avance les personnes à enquêter, donc elles sont prêtes à être questionnées. Les personnes enquêtées sont les chefs du ménage du bassin versant qui ont été abordés dans leurs foyers et/ou dans leurs champs. Le déroulement de l'enquête est plus facile car les enquêtés peuvent individuellement ou en concertation se préparer pour pouvoir exposer leurs expériences, leurs besoins et leurs difficultés sur l'exploitation agricole.

Le type informel :

Ce type d'enquête concerne les personnes que nous avons rencontrées sur les chemins. Elles ont répondu aux questions qui leurs ont été posées. Même si la méthode n'est pas aussi fructueuse que le type formel, elle a enrichi les données qui ont été collectées.

### ➤ **Les Réunions**

Quand aux réunions, elles sont organisées au niveau des paysans membres de l'association Akaramanja Mahatsinjo (c'est une association paysanne qui existe au niveau du bassin versant de Manapatrana) dans le but de collecter les données sur les différents types d'entraides et d'organisations paysannes dans la production agricole et la protection de l'environnement.

### **2-2-2-b Cadre de l'enquête effectuée**

Plusieurs enquêtes sont effectuées auprès des paysans du bassin versant de Manapatrana, mais la plupart sont basées sur l'agriculture, les expérimentations agricoles. A chaque parcelle visitée correspond une enquête au près du propriétaire, qui est le chef du ménage. Cette enquête a pour objectif de récolter les informations relatives à la gestion de la parcelle, aux différents types des cultures et aux pratiques culturelles utilisées (historique sur le défrichement, mode et type de défrichement, la mise en jachère : âge et nom de la jachère selon les paysans, espèces rencontrées dans les jachères, utilisation d'intrants,...), à la perception paysanne sur le milieu (sol, géomorphologie), et aux phénomènes qui se passent dans la parcelle pendant et après les périodes des pluies (ruissellement, érosion). Les détails sur les questionnaires effectués sont présentés en annexe VII.

### **2-2-3 Approche technique**

#### **2-2-3-a Etude morphopédologique**

La méthode morphopédologique repose sur la reconnaissance des faits d'interrelation entre les différents facteurs du milieu qui sont le sol, le relief, la végétation, le régime hydrique, la géologie... C'est un outil utile, parmi tant d'autres, pour trouver une solution aux problèmes qui se posent à l'aménagement des bassins versants. Elle permet de déceler à partir des formes actuelles d'aménagement et des contraintes y afférentes, la mise en valeur de sol à mettre en œuvre au niveau de bassin versant. Il est à noter que l'utilisation de la morphopédologie permet de dégager les contraintes physiques intrinsèques et extrinsèques au sol afin de définir son aptitude culturale. Dans cette conception, en effet, l'examen du profil pédologique, et sa description, l'analyse des échantillons des sols au laboratoire, les observations relatives à l'influence de l'altitude et la végétation, permettent d'appréhender les contraintes et potentialités du sol (érosion, fertilité,...). Par ailleurs, les données socio-économiques sont à considérer et à analyser pour pouvoir orienter la mise en œuvre des activités futures et pour mieux dégager les potentialités et les contraintes pour l'aménagement.

L'étude morphopédologique suppose l'utilisation de la géomorphologie dans la définition et délimitation des « unités pédomorphologiques ou unités équipotentielles ». Ces unités sont des unités qui paraissent homogènes au point de vue :

- Relief
- Végétation
- Lithologie

Des études conduites dans différentes régions de l'île (BOURGEAT, 1973 ; SOURDAT, 1976, 1977 ; RANDRIAMBOAVONJY, 1990, 1995), ont montré les relations étroites qui associent la nature des couvertures pédologiques et leurs propriétés aux formes de relief qui les portent. Cette interdépendance déjà reconnue dans les années 1965-1970 (BOURGEAT *et al*, 1973), a permis de définir des « unités pédomorphologiques » pour la mise en valeur desquelles il est possible de préciser des contraintes et des potentialités.

Nous nous proposons donc de caractériser les unités pédomorphologiques, puis de déterminer les facteurs de leur pédogenèse, afin de comprendre la répartition des sols dans les paysages et de préciser les influences qu'ont exercé ces facteurs sur leurs propriétés physico-chimiques.

Les études morphopédologiques permettent d'élaborer les cartes et les légendes où figurent les divers facteurs et leurs liaisons. Les contraintes sont soulignées d'une façon particulière.

#### ►La description du profil pédologique :

C'est une approche sur terrain pour la reconnaissance des propriétés notamment physiques du sol. Il s'agit d'ouvrir des fosses pédologiques, d'observer et de décrire les caractéristiques physiques du sol dont : la texture, la structure, l'enracinement, l'épaisseur, la porosité, la cohésion, la couleur, etc...

La description du profil pédologique nous a permis par ailleurs d'avoir des renseignements sur la forme du relief, l'état de couverture végétale du sol et les différentes formes d'érosions.

Pour la localisation des fosses pédologiques et des observations. On a étudié 3 fosses pour chaque unité pédomorphologique :

- Une fosse sur le sommet
- Une fosse sur le versant
- Et une au niveau de bas de pente

Durant la description du profil pédologique, nous avons comme principaux matériels utilisés :

- Un mètre ruban pour la mesure de l'épaisseur des différents horizons
- Un clisimètre pour la mesure des pentes

- Le code Munsell pour la détermination des couleurs. Cette détermination est effectuée au laboratoire du FOFIFA Tsimbazaza. Nous avons comparé les couleurs observées sur les échantillons à celles par le code Mensuell.

#### ➤ **L'analyse des échantillons des sols au laboratoire :**

Des analyses des échantillons des sols au laboratoire pour appuyer et compléter les renseignements sur ces propriétés surtout les propriétés chimiques ont été effectuées. Le but est toujours de caractériser les potentialités ou bien également les contraintes afin d'orienter ou de préciser les méthodes d'aménagements (apports d'engrais, Agroforesterie, Amendement,...) qui vont améliorer la productivité du sol. Les analyses effectuées concernent : le carbone, l'azote total, le phosphore assimilable, le pH (acidité actuelle), les bases échangeables (calcium, magnésium, potassium), la capacité d'échange, et l'analyse granulométrique.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de pédologie du FOFIFA Tsimbazaza.

Plusieurs échantillons ont été collectés sur terrain. Vu le coût des analyses, il a fallu choisir neuf (9) seulement. Les choix se sont portés sur les types des sols rencontrés au sein du bassin versant.

### **2-2-3-b Confrontation des documents issus de la bibliographie avec toutes les données recueillis pour la mise en valeur du sol ou l'aménagement du bassin versant de Manapatrana**

L'étude bibliographique nous a servi pour fournir des différentes informations sur les caractéristiques du bassin versant de Manapatrana. Les documents consultés permettent de définir la démarche à suivre dans la réalisation de l'étude comme l'élaboration des différentes cartes thématiques. La confrontation de ces documents avec les données collectées sur terrain dont les données pédologiques issues de l'examen du profil pédologique et celles sur l'utilisation traditionnelle des ressources naturelles en particulier le sol issues des enquêtes socio-économiques nous a permis de définir les aptitudes des sols du bassin versant, lesquelles nous servent de base pour l'orientation sur l'aménagement ou la mise en valeur des sols.

### **2-2-3-c Elaboration des cartes**

#### **Interprétation des photoaériennes**

L'étude des photoaériennes rend de grands services pour la réalisation de différentes cartes, en particulier la carte morphopédologique. Les feuilles concernées sont les clichés P54, P55 (FTM 1954) à une échelle de 1/50.000. Elle comprend les étapes suivantes :

1<sup>ère</sup> étape : Etudes stéréoscopiques des informations concernant le paysage à l'aide d'un stéréoscope comme les réseaux hydrographiques, les végétations, les routes, les voies ferrées, les formes des reliefs et les limites des différentes unités pédomorphologiques.

2<sup>ème</sup> étape : Traçage sur un papier transparent des informations, puis superposition sur une carte topographique de même échelle (1/50.000).

3<sup>ème</sup> étape : Vérification sur terrain afin de corriger certaines erreurs d'interprétation qu'on a pu commettre sur l'observation.

4<sup>ème</sup> étape : Scannage et transfert vers le logiciel Map Info. En le réalisant, nous avons calé sur la base des données (géoreferencement) et nous obtenons une nouvelle couche comme éléments de base des données. Cette nouvelle couche nous a aidé à mieux situer les différents points dans leurs positions topographiques réelles.

### **Les atouts dans l'utilisation de l'outil SIG (Système d'Information Géographique)**

Un Système d'Information Géographique (SIG) est « un système informatique qui permet à partir des diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ( Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection ).

Le SIG est un outil performant pour la réalisation des différentes cartes à partir l'interprétation des documents de base comme : la carte topographique et les photos aériennes car il permet :

- de visualiser et de produire des plans (généraux et thématiques) ainsi que d'accéder aux données techniques associées à un élément ;
- de superposer les données des différentes couches pour aider à la décision ;
- d'accéder aux différentes couches sans hiérarchie préalable, selon la demande.

Et nous l'avons utilisé pour l'élaboration des cartes suivantes :

- La carte pédomorphologique du bassin versant de Manapatrana ;
- La carte d'occupation des sols du bassin versant de Manapatrana ;
- La carte des toposéquences du bassin versant de Manapatrana ;
- La carte de vocation du bassin versant de Manapatrana.

### **2-3-3-d Les différentes cartes élaborées**

#### **☞ Carte pédomorphologique du bassin versant de Manapatrana**

Cette carte a été élaborée à partir des photoaériennes et des prospections sur terrain. Les unités pédomorphologiques ont été délimitées en traçant les limites de bas des pentes. La carte pédomorphologique représente les différentes unités observées au sein du bassin versant, intégrant les formes des reliefs et les types des sols correspondants.

#### **☞ Carte d'occupation de sol du bassin versant de Manapatrana**

La carte d'occupation de sol est obtenue à partir de la carte topographique de la FTM couplé avec l'observation des photoaériennes. Le problème se pose au niveau des nos documents de base sur l'occupation de sol du bassin versant car elles sont réalisées très antérieurement (en 1954). Ceci n'est pas conforme à l'occupation actuelle, il y avait une évolution de l'état de végétation causée par les actions humaines (défrichement). Les prospections sur terrain ont nous aidés dans la réalisation de cette carte.

#### **☞ Carte des toposéquences du bassin versant de Manapatrana**

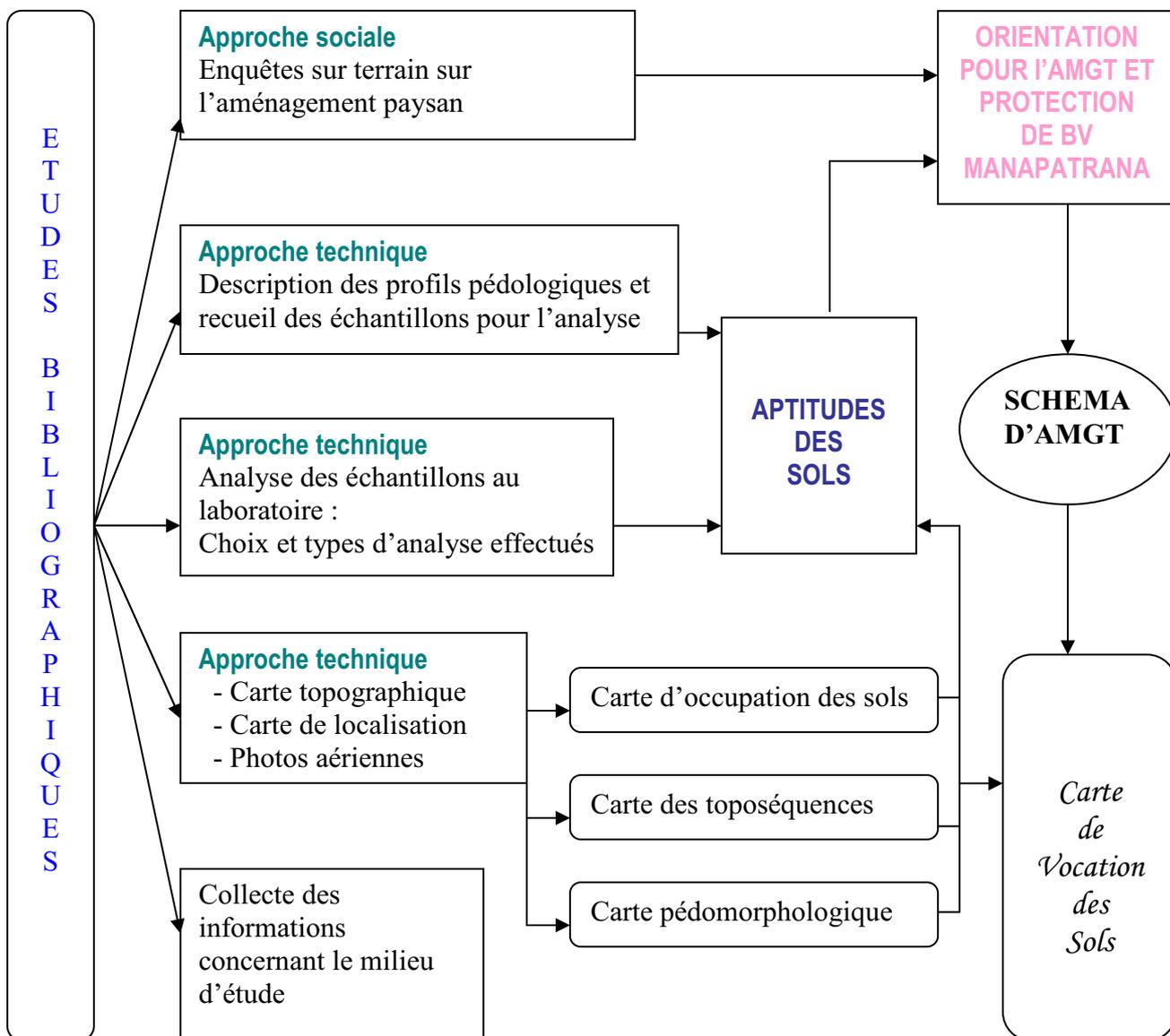
C'est par l'observation des photoaériennes à l'aide d'un stéréoscope suivie par la délimitation des formes des reliefs sur un papier transparent qu'on a élaboré la carte des toposéquences. Les feuilles concernées sont le P54 et le P55. Trois niveaux ont été différenciés :

- le sommet ;
- le versant ;
- et les bas fonds.

#### **☞ Carte de vocation de sol du bassin versant de Manapatrana**

C'est à partir de toutes les différentes cartes précédentes et les renseignements concernant les contraintes et/ou potentialités du sol (topographie, nature et propriétés des sols, végétation) que nous avons élaboré la carte de vocation de sol. Elle représente la mise en valeur du sol à savoir les aménagements futurs proposés. La carte de vocation est un des outils qui peut aider les techniciens et surtout les paysans du bassin versant sur l'exploitation agricole.

## II-3 SCHEMA RECAPITULATIF DE LA METHODOLOGIE D'ETUDE



Légendes : AMGT = Aménagement

BV= Bassin versant

Figure N°03 : schéma récapitulatif de la méthodologie d'étude

## **II-4 DISCUSSIONS METHODOLOGIQUES**

### **3-4-1 Les atouts de notre étude**

Même si on n'a pas passé au total que deux mois de travail sur terrain, des informations pertinentes concernant le milieu physique et les pratiques paysannes à l'échelle terroir et à l'échelle parcelle ont été recueillies par des observations directes combinées au recueil des discours paysans. On a remarqué l'importance de la complémentarité des informations de ces différentes sources ; elles sont, en général, suffisantes pour atteindre l'objectif de notre étude.

Face à l'absence des documentations sur la description des sols dans la zone d'étude, la description de quelques profils effectuée a permis d'avoir une certaine précision sur les caractéristiques des sols à l'échelle locale et leurs répartitions en vue de décrire leurs vocations. Même si, nous n'avons pas des documents récents comme base utilisée dans la cartographie, la méthode cartographique que nous avons utilisée dans notre méthodologie nous permet de réaliser certaines cartes thématiques, en particulier la carte de vocation de sol pour que les techniciens et/ou les paysans puissent l'utiliser comme outils pour une gestion rationnelle du sol du bassin versant de Manapatrana. Cette étude constitue donc l'une des premières ressources d'informations en terme d'aménagement ou mise en valeur des sols en pays *Tanala*.

### **3-4-2 Les limites de l'étude et problèmes rencontrés**

#### **3-4-2-a Sur la Cartographie**

De la partie cartographie, les principaux problèmes rencontrés se situent surtout au niveau de la disponibilité des fonds de carte prêts à être exploités.

Pour avoir une meilleure précision sur la réalisation de la carte de vocation de sol, il a fallu numériser les courbes de niveau du bassin versant de Manapatrana, pour en déduire la carte des altitudes et celui des pentes, ce qui n'a pas été le cas car cette opération a demandé beaucoup de temps. D'autant plus que de mauvaise précision est déjà été vécue quant à la qualité des numérisations effectuées par le FTM. Ces numérisations ne concordent pas avec la réalité sur la topographie du bassin versant.

De plus, en ce qui concerne la carte d'occupation des sols effectuée par le FTM dans les années 1954, elle présentait les mêmes défauts ce qui nous a obligé de refaire cette étude avec des photoaériennes et des prospections sur terrain.

### **3-4-2-b Sur la réticence des paysans**

Des difficultés ont été rencontrées sur le remplissage des réponses aux questionnaires à cause des réticences des paysans, les informations ne sont pas complètes pour certains ménages. Les habitants de la région, à cause de l'enclavement de la zone ne sont pas encore habitués à la présence d'une personne qui pose des questions sur leur vie privée.

**CHAPITRE III**  
**RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

## **Chapitre III RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

### **III-1 RESULTATS DES ETUDES MORPHOPEDOLOGIQUES**

#### **3-1-1 Caractérisation des sols du bassin versant**

##### **3-1-1-a Les unités pédomorphologiques rencontrées**

Il existe une relation étroite entre le modelé général (ou forme de paysage) et les types des sols qui lui sont associés. Si on a un modelé général très plat qui correspond à un aplanissement, on va avoir des sols profonds anciens plus ou moins généralement lixiviés ou lessivés. Au contraire, pour le modelé général accidenté : on va voir des sols peu profonds rajeunis par érosion. Dans chaque type de relief, il existe des associations des sols caractéristiques qui sont disposés suivant des règles bien définies. (BOURGEAT, RANDRIAMBOAVONJY, 1995).

Dans la région de Manapatrana, la dissection des reliefs est accentuée, on a des reliefs à versants à pentes marquées au sein du bassin versant dont on peut distinguer:

- Des reliefs résiduels
- Des reliefs de dissection
- Des collines et/ ou croupes disséquées
- Des collines et / ou croupes convexes
- Des terrasses anciennes

Ce modelé général permet de définir des unités pédomorphologiques dans le bassin versant. Sept unités peuvent être différenciées :

- Association des sols ferrallitiques pénévulés, des sols peu évolués des reliefs résiduels.
- Association des sols ferrallitiques typiques à structure polyédrique, des sols pénévulés des reliefs de dissection.
- Les sols ferrallitiques pénévulés dominants des collines disséquées.
- Association des sols typiques à structure polyédrique, des sols ferrallitiques rajeunis, et des sols ferrallitiques pénévulés sur collines convexes.
- Les sols ferrallitiques rouges et sols ferrallitiques remaniés sur terrasses anciennes.
- Les sols ferrallitiques humifères sur colluvions de bas de pente
- Et les sols hydromorphes des bas fonds.

### 3-1-1-b Les propriétés physiques des sols

On se propose de rapporter les résultats des études effectuées sur les sols dont les données des observations et des mesures.

- **Sols ferrallitiques typique à structure polyédrique sur sommet à faibles pentes des collines convexes, disséquées, et des reliefs de dissection :**

Ce sont des sols à profil du type A, B/BC, BC, CB, C. Ces types des sols ont été observés sur le sommet des collines (Akaramanja, N° profil AMJ 09). Les caractéristiques du profil sont présentées ci après.

L'horizon humifère A est de couleur brun rougeâtre, avec une structure grumeleuse. Sa texture est sablo limoneuse. On peut y noter l'abondance des racines. On a une forte porosité avec une cohésion moyenne. Son épaisseur est de 19 cm. Cet horizon est riche en grains de quartz.

L'horizon de transition B/BC entre l'horizon humifère A et l'horizon BC a une structure polyédrique. Sa texture est sablo argileuse. La porosité et la cohésion sont moyennes. Il y a peu des racines, d'épaisseur 17 cm (transition progressive).

L'horizon BC a une couleur rouge à structure polyédrique. Sa texture est sablo argileuse. L'exploration de l'horizon par les racines est faible. La porosité est faible et la cohésion est moyenne.

➤ On remarque que les fougères colonisent les espaces occupées par ce sol. C'est un signe indicateur des sols pauvres même s'il a un bon caractère physique. En plus, dans la plupart des cas, on a rencontré quelques stonelines sur la surface. Pour ce type de sol, il est donc mieux de reboiser au lieu de cultiver.

- **Sols ferrallitiques rajeunis et fortement rajeunis ou pénévolués des versants à pentes fortes, sols qui dominant la zone d'étude :**

- *Sols ferrallitiques rajeunis*

Les sols ferrallitiques rajeunis sont des sols à profil de type A, BC, CB, et C

Une fosse représentant ce type de sol a été mise à Hazomena au mi versant (profil N° HZM04).

Les caractéristiques sont les suivantes :

. L'horizon humifère A est de structure grumeleuse bien développée, et est plus épais par rapport au sol précédent (21cm). Sa couleur est brun rougeâtre de texture sablo-argileuse. Il est bien colonisé par les racines. Il a une forte porosité et une cohésion moyenne.

L'horizon BC d'épaisseur (49cm) présente une structure polyédrique très marquée de texture argilo-limoneuse et une cohésion moyenne.

L'horizon CB a une couleur rouge. Il a une structure polyédrique et toujours une texture argilo-limoneuse. Sa porosité est faible. L'enracinement est très rare. On le rencontre à partir de 70cm.

• *Sols pénévulés ou fortement rajeunis :*

Ces sols pénévulés ou fortement rajeunis sont de sols a profil de type A, CB, C.

On a choisi comme exemple de ce type de sol le profil N° MTJ 06 (Mahatsinjo). Les caractéristiques sont ci-dessous.

L'horizon humifère A est de couleur rouge brunâtre, présente une structure grumeleuse avec une texture limono-sableuse. Beaucoup de racines sont présentes dans cet horizon. Sa porosité est élevée. Quand à sa cohésion, elle est faible et meuble. Son épaisseur est de 20cm.

L'horizon CB a une structure polyédrique de couleur rouge, de structure continue, très riche en minéraux primaires (micas). L'enracinement est moyen.

➤ Ces deux types de sols sont dominants sur les versants à pentes très fortes. Même s'ils sont jeunes et riches en éléments minéraux, leur faible stabilité structurale et leur situation topographique font que la mise en défens convient mieux à ces sols. L'agriculture ne peut réussir qu'avec des mesures anti-érosives très strictes.

- **Les sols peu évolués d'érosion sur les reliefs résiduels :**

Les sols peu évolués sont des sols a profil A/C.

Le profil N° MTJ07 nous montre que l'horizon humifère A est de couleur noir grisâtre , à structure grumeleuse à tendance polyédrique à la base, d'épaisseur 26 cm, à cohésion faible, très riche en minéraux primaires (en particulier le mica )même en surface, à texture limono-sableuse. Poreux, il est bien pénétré par les racines.

L'horizon C est de couleur brun jaunâtre, de structure continue à tendance particulaire. Poreux, avec une cohésion faible. Il y a beaucoup d'éléments grossiers de taille décimétrique.

➤ L'horizon humifère présente une faible résistance à l'érosion (limoneux). Ces sols ont plutôt des vocations forestières.

- **Les sols peu évolués d'apports des « baiboho »**

Ce sont des sols jeunes formés par sédimentation suite à l'érosion ou par apport fluvial. Les sols peu évolués présentent déjà les débuts de la pédogenèse et renferment une quantité de matière organique assez importante.

Pour les sols peu évolués d'apport, une fosse a été mise à Ampasimbe (N° profil APB01).

L'horizon humifère est de structure grumeleuse au sommet mais à tendance polyédrique à la base, de couleur brune, avec une texture limono sableuse, très riche en mica (potassium). Sa porosité est moyenne, et la cohésion est très faible.

L'horizon de transition se présente sous forme de dépôt, de structure à tendance particulière, de couleur rouge. On a une transition brusque. L'horizon B a une structure polyédrique poreuse, de couleur rouge brunâtre, sa texture est limono-sableuse avec une cohésion faible. Les racines sont peu abondantes.

➤ Ce sol est voué aux cultures surtout les cannes à sucres grâce à son humidité et à sa richesse en éléments nutritifs.

#### - **Les sols ferrallitiques humifères sur colluvions de bas des pentes**

En général, ce sont des sols formés par l'érosion, plus rencontrés sur vallons secondaires des reliefs de dissection ou des collines convexes, l'horizon humifère est très épais, peut atteindre 1m. L'observation a été faite sur une tranchée déjà effectuée par les paysans dans son aménagement de ces bas de pentes situés près des rizières (Profil N°ATM10). L'horizon humifère se divise en deux parties :

L'horizon A1 bien grumeleux, d'épaisseur 20cm, bien pénétré par les racines, de couleur brune, cohésion faible. Sa porosité est élevée.

L'horizon A2 à structure polyédrique, secondairement grumeleux, très poreux, de couleur brune clair, son épaisseur est de 50cm.

L'horizon B est de couleur rouge à structure polyédrique, de texture argilo limoneuse, avec une cohésion moyenne, sa porosité est encore moyenne.

➤ Ce type de sol est favorable aux cultures car l'horizon humifère présente une bonne structure et est épais (riche en humus), en plus la pente est moins accentuée (inférieur à 25%). Donc il est facilement accessible et facilement exploitable.

#### - **Sols ferrallitiques rouges sur terrasse ancienne**

La description est presque identique au précédent mais il est plus sableux. D'après le profil N° TNB12, l'horizon humifère A est bien grumeleux au sommet, un peu continu à la base, de couleur brune. Sa cohésion est moyenne à faible, il est poreux. L'horizon B a une structure continue, de texture sablo-argileuse, très poreux, sa cohésion est moyenne, sa couleur est rouge orangé. On remarque que les racines sont absentes. Il y a quelques tâches brunes indiquant une pénétration des matières organiques.

➤ Ce type de sol a la même caractéristique que la précédente, et donc a les mêmes potentialités

- **Les sols ferrallitiques remaniés sur terrasse ancienne**

Ce sont des sols provenant d'apports fluviaux, qui se présentent sous forme des dépôts sur les terrasses anciennes. Une fosse correspondant à ces types des sols a été ouverte à Mangarivotra (Profil N° MGR11).

L'horizon humifère A est sableux, particulière, de couleur blanche grisâtre, avec un bon enracinement. Il existe des morceaux des quartzites, son épaisseur est de 22 cm.

Cet horizon est marqué par la présence des stonelines.

L'horizon de transition entre A et B est de couleur blanc grisâtre, sa texture est argilo sableuse, de structure à tendance polyédrique. On a une transition brusque.

L'horizon B a une structure polyédrique, de couleur jaune, sa texture est argilo limoneuse.

➤ La présence des stonelines limite la pénétration des racines. Seuls les arbres ou arbres fruitiers peuvent réussir leur développement sur ce sol car leurs racines peuvent descendre en profondeur.

- **Les sols hydromorphes des bas fonds**

Les sols hydromorphes des bas fonds sont le plus souvent voués à la riziculture irriguée. Ces sols ont un horizon supérieur meuble, limoneux, riche en micas, de couleur brune avec des débris des végétaux.

➤ Ces sols des rizières craignent le risque d'ensablement.

### 3-1-2-c Les propriétés chimiques des sols

#### Azote total (N)

La plupart des sols analysés sont pauvres en Azote total. Le sol ferrallitique remanié sur terrasse ancienne « *Tany fasikibo* » et le sol peu évolué d'apport (sol du *Baiboho*) sont pauvres en Azote. Les résultats d'analyse ont montré que l'horizon humifère est plus riche en Azote que l'horizon B à cause de sa richesse en humus. Après le Carbone (C), l'Azote est l'élément de base de la plante. C'est le facteur déterminant des rendements par son influence favorable sur la croissance de l'appareil végétatif de la plante. Du point de vue agricole, il faudrait donc relever le taux d'azote total de sol dans le bassin versant qui en sont pauvres pour les corriger afin d'obtenir des rendements plus élevés. On peut leur apporter de l'engrais complet, ou mieux des intrants biologiques comme le compost, fumier de parc, etc...

**Phosphore assimilable (P) :**

Selon les analyses, on note la carence en phosphore assimilable des sols du bassin versant surtout pour les sols hydromorphes des bas fonds, le taux de phosphore des sols analysés varie entre 0,45ppm à 3,25 ppm, or le seuil de déficience est de 30ppm. Le phosphore (P) joue en même temps le rôle de véhicule et le rôle de moteur dans la photosynthèse. Comme facteur de croissance, il favorise le développement radicalaire, il est également facteur de précocité, et a un rôle essentiel dans la fécondation et la fructification. Etant donné que les sols analysés sont pauvres en cet élément, il est prioritaire de leur apporter des engrais ou des éléments riches en phosphore comme le poudre d'Os avec le fumier de parc ou d'autres formes des phosphores (guano, phosphates).

**Acidité actuelle : pH (potentiel hydrogène)**

Le pH indique la concentration en ion H<sup>+</sup> actuellement dissociée dans la solution du sol. Les analyses ont montré que tous les échantillons sont extrêmement à fortement acides (pH variant de 4,02 à 4,80). A cause de cette acidité du sol, on peut avoir des risques de toxicités dues à l'aluminium échangeable et au manganèse surtout à pH=5. Cependant, le pH ne doit être considéré comme une simple indication, car sa valeur a une influence sur les propriétés physico-chimiques du sol sur et sur les plantes. En effet, cette acidité entraîne des inconvénients sur certaines cultures comme le banane pour laquelle les feuilles sont devenues sèches ; le pH optimal étant de 6,5 à 8. Il faudrait donc corriger le pH par des amendements calciques ou « dolomie ». Le tableau suivant représente les pH optimal des cultures en pays tropicaux.

**Tableau n° 02 : Valeurs de pH optimal pour certaines cultures dans les pays tropicaux :**

Cultures	pH optimal
Ananas	5 à 7
Caféier	4,5 à 6
Patates douces	6 à 6,5
Riz	5 à 8
Haricot	6,4 à 8
Canne a sucre	6,4 à 8,6
Banane	6,5 à 8
Arachide	6 à 7,6

*Source* : Mémento de l'agronome 4<sup>ème</sup> édition. Ministère de la coopération et du développement. République française (1991)

### **Calcium échangeable (Ca) :**

En général, les sols analysés sont pauvres en Calcium. Seuls les sols pénévoués « *Tany mena* » sous forêt et les sols pénévoués des versants des collines disséquées dépassent le seuil de déficience de 0,5 meq/100g. En dessous de ce seuil, la réussite de la plupart de cultures est aléatoire tandis qu'un niveau convenable se situe à partir de 2 à 3 meq/100g de Ca échangeable. Pour l'arachide, on a pu situer le seuil de déficience à 1 me/100g. Toutefois le calcium conditionnant au premier chef d'importantes propriétés du sol comme la structure du sol, la saturation du complexe absorbant, le pH et l'élimination de toxicités aluminiques et manganiques. Donc, il faudrait augmenter le taux de calcium à l'aide de la dolomie pour avoir une meilleure production.

### **Magnésium échangeable (Mg) :**

Généralement, le taux de magnésium présent dans le sol du bassin versant est faible au moyen (0,07 à 0,79 me/100g). Seul le sol pénévoué « *Tany mena* » des collines disséquées est riche (1,07me/100g) en magnésium.

Pour le magnésium le seuil de carence s'échelonne de 0,10 à 0,17 me/100g et le seuil de déficience de 0,25 à 0,35. Il faudrait l'apporter car il joue un rôle important dans la physiologie de la plante et la carence en magnésium dans le sol peut entraîner des accidents végétatifs (maladies). On peut utiliser la dolomie pour améliorer le taux de cet élément dans le sol.

### **Potassium échangeable (K) :**

La plupart des échantillons sont riches en potassium échangeable. Les taux de potassium dans les sols analysés dépassent les deux seuils (carence et déficience) qui varie entre (0,28 à 1,44 meq/100g)..

### **Rapport C/N :**

En général, tous les sols analysés présentent un rapport C/N élevé sauf le sol peu évolué d'apport ou « *Baiboho* » (C/N =11,3). Le rapport C/N renseigne sur la richesse de l'humus en azote :

- Une valeur de C/N compris entre 8 à 12 correspond à une matière organique bien décomposée. Seul l'échantillon prélevé dans le « baiboho » (sol peu évolué d'apport) qui présente ce caractère.
- Une valeur de C/N inférieur à 8 correspond à un sol minéralisé à faible réserve en matière organique. Ce cas n'existe pas dans nos échantillons.

- Une valeur de C/N supérieur à 15 correspond à une matière organique mal décomposée. La plupart des échantillons analysés présentent ce caractère. Dans ce cas, il faudrait relever le taux d'azote par apport de fumier de parc ou compost.

#### **Equilibre Ca/Mg :**

Il est normal (1 à 25) pour la plupart des sols analysés surtout pour les horizons humifères, ce rapport varie entre 1,10 à 3,03.

#### **Equilibre Mg/K :**

Cet équilibre est insuffisant dans tous les résultats de nos analyses. Tous les rapports Mg/K sont inférieurs à 2, lesquelles sont dues à la richesse en potassium du sol du bassin versant. Ce qui confirme la nécessité d'augmenter le taux de magnésium contenu dans les sols par l'amendement dolomique pour faire face au taux de potassium plus élevé.

#### **Equilibre (Ca+Mg)/K :**

Comme le cas précédent, ces rapports sont inférieurs à 15 pour tous les échantillons. Le taux de magnésium et du calcium dans le sol est insuffisant par rapport au potassium, donc on a un déséquilibre. Le taux normal d'équilibre peut se traduire par la proportionnalité de ces trois éléments. C'est-à-dire il faudrait donc relever leur quantité par des apports extérieurs, toujours par la dolomie ou le fumier de parc.

#### **Somme des bases échangeables (Ca+Mg+K) :**

Elle est très faible (en dessous de 5meq/100g) pour la totalité des sols analysés. Il faudrait augmenter le taux des bases échangeables du sol du bassin versant surtout le magnésium et le calcium pour avoir une meilleure production.

### **3-1-1-d Description des unités pédomorphologiques rencontrés**

#### **- Association des sols ferrallitiques pénévulés et sols peu évolués sur reliefs résiduels (Code1)**

Les reliefs résiduels ont une altitude élevée et des versants pentus, le sommet est occupé par les vestiges des forêts naturelles et il y a affleurement de roche saine. Sur ces reliefs, se localisent, les sols ferrallitiques peu évolués aux sommets, les sols ferrallitiques pénévulés sur la partie haute du versant où la pente est marquée et les sols ferrallitiques rajeunis sur les restes des versants .

**- Association des sols ferrallitiques typiques à structure polyédrique, sols pénévulés sur reliefs de dissection (Code2)**

Les reliefs de dissection occupent des zones intermédiaires entre les reliefs résiduels (niveau supérieur) et les basses collines (niveau inférieur) sur SIII. Les sommets à pentes faibles à modérées sont caractérisés par la présence des sols ferrallitiques typiques à structure polyédrique et les versants par ceux pénévulés.

**- Les sols ferrallitiques pénévulés dominants des collines disséquées (Code3)**

Dans cette zone, une accentuation de la dissection, liée à l'incision profonde du système hydrographique, provoque un redressement des versants sur lesquels se manifestent les glissements des terres ou « *tany toha* ». Les sols fortement rajeunis ou pénévulés prédominent sur les versants de ces reliefs.

Les bas fonds sont occupés par les sols hydromorphes tachetés mais aussi, à l'aval des glissements, par des sols peu évolués d'apports.

**- Association des sols typiques à structure polyédrique, des sols ferrallitiques rajeunis, et des sols ferrallitiques pénévulés sur collines convexes (Code4)**

Sur les collines convexes, les sommets sont occupés par des sols ferrallitiques à structure polyédrique. Sur les versants à pentes fortes, les sols ferrallitiques rajeunis et fortement rajeunis (pénévulés) forment une mosaïque complexe. Au niveau des collines convexes où les vallons secondaires sont marqués se localisent les sols ferrallitiques humifères. Les bas fonds sont occupés par les sols hydromorphes peu organiques.

**- Les sols ferrallitiques rouges, sols ferrallitiques remaniés sur terrasse ancienne (Code5)**

Les terrasses anciennes sont des formations anciennes plus ou moins planes qui ont une pente faible, ne dépasse pas 10%. Les sols ferrallitiques rouges occupent la plus grande surface de ces terrasses surtout les sommets tandis que les sols remaniés sont rares, ils ne se trouvent que sur l'endroit où il y a eu une érosion ancienne.

### - Les sols ferrallitiques humifères sur colluvions de bas de pente (code6)

Les colluvions de bas de pente sont les parties en aval des différents reliefs (relief de dissection, colline disséquée, colline convexe) sur lesquelles se localisent les sols ferrallitiques humifères.

### - Les sols hydromorphes des bas fonds (Code7)

Ce sont des sols dont la formation est liée à un excès d'eau, plus ou moins permanent. L'horizon superficiel repose sur des horizons argileux dont la teneur en matière organique, plus ou moins décomposée est variable. Les bas fonds sont occupés par ces types de sol dont:

- des sols hydromorphes moyennement organiques au milieu des rizières et
- des sols hydromorphes peu organiques aux bords des bas de pente.

## 3-1-2 Caractérisation de l'érosion

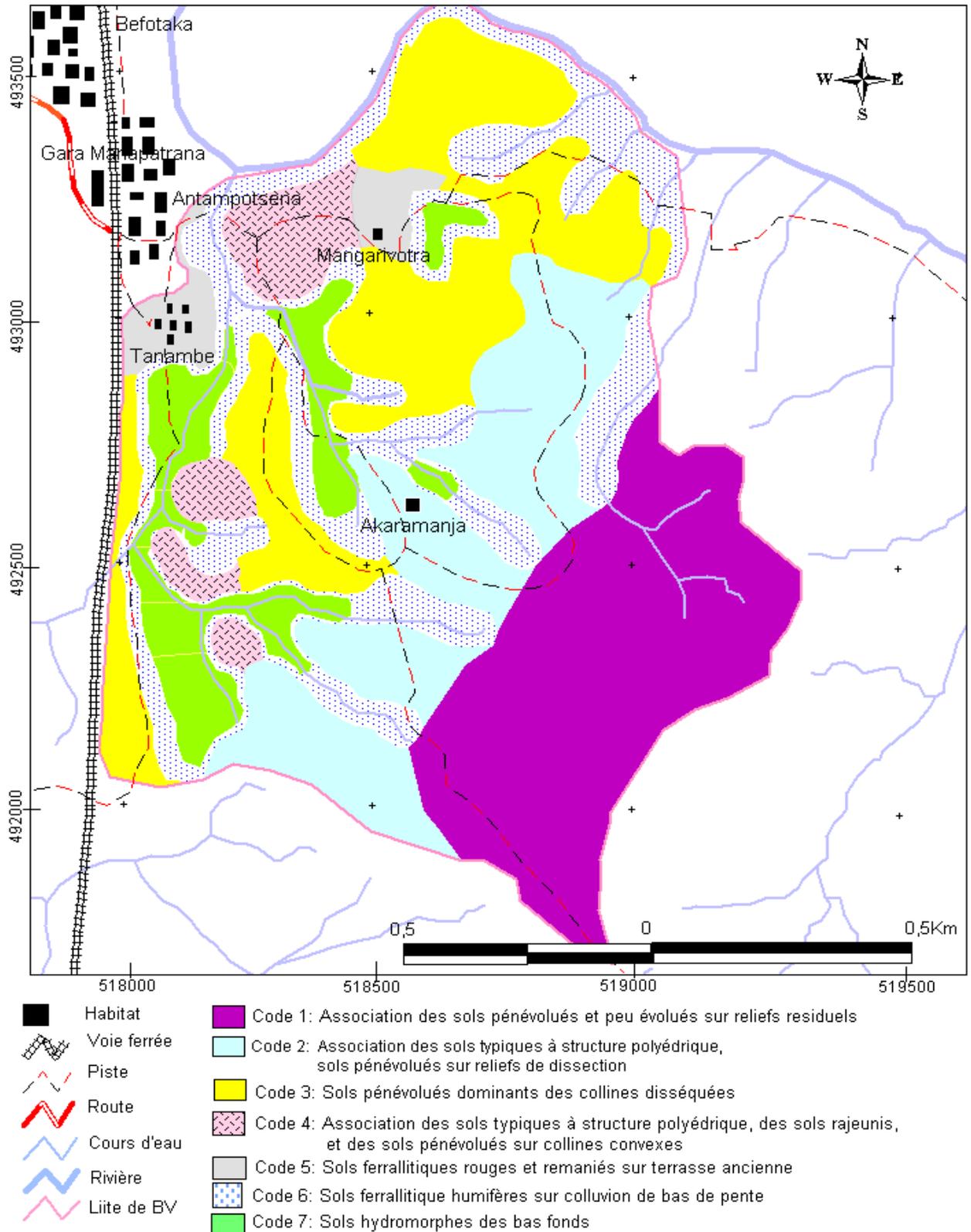
Il est important de souligner que les activités humaines ont une part importante dans l'érosion du sol au niveau du bassin versant, celle résultant du phénomène naturel n'est pas à négliger. Les observations sur terrain le long de parcours lors de la reconnaissance du terroir combinées avec les savoirs paysans nous ont permis d'identifier quelques indices d'érosions dont les plus importants sont les éboulements et les érosions en nappe.

- Les éboulements appelés *tany toha* par les paysans, sont des types d'érosions caractéristiques des versants des collines disséquées. Ils sont fréquents et nous avons pu recenser jusqu'à une dizaine. Les cyclones et les pluies très abondantes sont les principales causes, elles sont combinées avec la forte infiltration de l'eau dans le sol (arbres dessouchés), d'après les paysans.

- L'existence d'une importante érosion en nappe dans les défriches sur les parcelles des cultures effectués par les paysans est marquée dans la zone. La perte de la couverture végétale serait responsable du décapage progressif de l'horizon humifère en plus des feux de brûlis avant la mise en culture.

- Les rigoles profondes ou *hady* sont peu abondantes. Elles ne concernent que les terrains ayant une forme transversale concave où le ruissellement venant de l'amont se concentre et creuse cette forme d'érosion.

- Les anciennes pistes des boeufs sont sensibles dans la formation des quelques ravines sur les versants des collines ou *Tanety*. Ces ravines seraient attaqués par les eaux de ruissellement pendant la saison des pluies et se transforment en *lavaka*.



**Carte n°2: CARTE PEDOMORPHOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA**

## III-2 ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES

### III-2-1 Agriculture :

#### 3-2-1-a Classification et vocation des sols selon les paysans

Selon les paysans, la couleur de la terre de l'horizon de surface est prise comme base de la classification des types de sol et de leurs vocations. Ils ont identifiés cinq types d'où :

##### « *Tany mainty* » ou terre noire

Le *tany mainty* (ou terre noire) est considéré par les paysans comme la meilleure terre, en principe très productif et propice à toute sorte des cultures. La couleur noire est indicatrice de la présence d'éléments fertilisants ou de la matière organique en surface d'où l'appellation « *tany vondraka* ». Ils sont humides et bien agrégés (*tsy miparitaka*). Ce *tany mainty* est caractéristique de la surface des sols sous forêts ou des sols récemment défrichés de forêts et mais dans la plupart des cas, il se trouve sur les bas des pentes où l'horizon humifère est épais. Ils sont abondants sur la partie haute des versants de Mahatsinjo et les paysans les utilisent pour la culture de café et de la banane.

##### « *Tany mena* » ou terre rouge

Le *tany mena* (ou terre rouge) est dominant sur les versants à pentes fortes ou « *Harana* ». Les paysans disent que ce type de sol est un indicateur d'une perte de la terre noire. Ce type de sol qui doit se situer en profondeur, selon les paysans est le résultat du ruissellement et de l'érosion d'une part et/ou la fréquence trop élevée de l'utilisation de sol d'autre part. Ces deux facteurs peuvent diminuer l'épaisseur du sol et font apparaître en surface les horizons sous jacents qui sont caractérisées par sa couleur rouge. Les *tany mena* sont abondants sur les versants qui sont attaqués par un glissement de terre « *tany toha* » et ils sont moins productifs. L'apparition des *tany mena* est parfois accompagnée d'une apparition de résidus d'altération connue localement sous le nom de « *vatosia* ». Autre que la couleur du sol, l'existence de ces éléments grossiers en surface est le signe d'une faible productivité du sol. Même si elles n'apparaissent pas en surface, leur existence dans les sous sol a des influences sur la végétation : faible développement et rendements pour les bananes. Même les cultures qui semblent adaptées aux sols pauvres comme les maniocs, ne poussent pas bien sur les *tany mena*. La faible productivité de ces sols oblige les paysans à les mettre en jachère.

Mais, par contre, dans les parties aval du versant, les paysans l'utilisent pour les cultures pérennes telles les caféiers associés avec les arbres fruitiers. Ils pensent que la longue durée d'implantation de ces cultures participe à la reconstitution du sol.

Dans les bas fonds, l'arrivée des terres rouges qui viennent du versant par les ruissellements et/ ou les éboulements n'est pas bonne pour les rizières.

### « *Tany mavo* » ou terre jaune

C'est un type de sol qui ne représente pas une grande différence des caractéristiques par rapport à celle du sol rouge. Parfois, sur les versants, les deux couleurs de sol sont associées mais les « tany mavo » sont plus sableux et plus productifs que les « *Tany mena* ». On les rencontre dans tous les versants à pentes moyennes (appelé localement « *Foringa* ») et/ ou les sommets des collines convexes. Selon les paysans, les « *tany mavo* » sont favorables aux productions vivrières et ils utilisent ces sols pour les cultures des maniocs, riz pluvial, ect....

### « *Tany fasikibo* » ou terre sableuse

Ce type de sol est constitué par une dominance des sables. C'est un type de sol rarement rencontré. Il se localise sur les terrasses anciennes et parfois sur les bas des pentes. Ce sol est moins productif d'après les paysans car seuls les arbres fruitiers qui peuvent s'y développer. L'allure du profil montre qu'il y a eu une érosion ancienne dans la région ou bien une grande inondation.

### « *Tany lonaka* » ou terre fertile

Dans les « *Baiboho* », se localisent les « *Tany lonaka* ». Ce sont des terres très fertiles d'après l'expérience des paysans car elles sont humides, présentent une bonne structure et riches en matières fertilisantes venant du versant. Les paysans disaient que les « *Baiboho* » sont de bons terrains pour les cultures qui ne peuvent s'adapter aux sols pauvres telles les bananes, les cannes à sucre. Les paysans ont deux choix pour ces deux cultures mais la plupart préfèrent les derniers.

## 3-2-1-b Les itinéraires techniques des cultures

### Le riz (*oriza sativa*)

Pour des raisons d'insécurité alimentaire et l'insuffisance de revenu issu de la vente de café, la riziculture occupe une place ainsi importante dans l'exploitation agricole de la région. Le riz irrigué est le plus pratiqué mais l'exiguïté des bas fonds aménageables en rizières oblige les paysans à cultiver le riz sur le versant de tanety (Riz pluvial).

### Le riz pluvial sur *Tanety*

Le riz qui constitue l'alimentation de base est souvent cultivé seulement sur les défriches des forêts primaires ou des jachères âgées (*kapoka*) dont les végétations sont caractérisées par des espèces ligneuses telles *Harongana*, *Psiadia* ou par des espèces forestières que les paysans appellent *Hazo hambo* ou grands arbres. Ce sont des indicateurs d'une reconstitution de la fertilité du sol. Le semis du riz en cycle normal commence au mois de Novembre, Décembre et s'effectue sans labour à

l'aide d'un bâton que les paysans l'appellent *Fitomboka* (baton d' environ de 5 à 7 cm de diamètre et de 1m de longueur taillé en biseau). Le sarclage s'effectue après deux ou trois mois. Cette phase consiste à enlever les mauvaises herbes constitués par les herbacées telles que les Asteraceae (Ahibalala ou *Helychrysum*, Ahimaimbo ou *Ageratum*), Malvaceae (Tsinjaka ou *Urena lobata*), des Poaceae (Vilona ou *Panicum*), et des Melastomataceae (Voatrotrokala ou *Clidemia hirta*). Les mauvaises herbes sont laissées entre les pieds du riz pour fertiliser le sol d'après ce que disent les paysans. La récolte s'effectue au mois d'avril-mai. Elle se réalise en coupant le riz épis par épis à l'aide d'un canif tandis que les chaumes sont laissés sur pied. Puis la parcelle est mise en jachère.

### Le riz irrigué

Le riz irrigué est cultivé en deux saisons :

-Saison « *Vary hosy* » du mois de mai jusqu' au mois de décembre

-Saison « *Vatomandry* » du mois d'octobre au mois de mai

La maîtrise de l'eau est généralement satisfaisante après l'aménagement de bas fonds en rizières et le creusement des canaux d'irrigation à partir des sources d'eau collinaires. Le repiquage est en foule et les plants sont âgés de 30 à 40 jours. Le sarclage s'effectue une fois, après deux ou trois mois. L'utilisation des fumures est rare. La récolte est la même que pour le riz pluvial.

### **Le manioc** (*Manihot utilisima*)

La culture du manioc constitue une activité agricole dont la destination essentielle est l'autoconsommation. La culture s'effectue sur la parcelle de *Tavy* épuisée située sur la partie amont d'un versant pentu. La partie aval située en bas de pente n'est pas favorable pour la culture de manioc à cause d'un risque d'humidité élevée pendant la période de pluie. Comme la culture de riz sur *tanety*, celle de manioc ne nécessite pas un labour, il s'effectue seulement sous forme des buttes connues sous le terme local « *kivokaka* ». Cette technique consiste à créer avec l'*angady* une petite butte sur laquelle est enfoncée la bouture. Le cycle cultural va de 8 mois à 2 ans voire plus. Un seul sarclage est fait avant la maturité de manioc.

### **Canne à sucre** (*Saccharum sp*)

C'est une culture pérenne qui est exploitée annuellement pour la fabrication du rhum local ou « *galeoka* ». Ce dernier est une source de revenu important pouvant assurer les besoins quotidiens avec un prix moyen de 1000 à 1200 *ariary* le litre. En ce qui concerne la pratique culturale, la canne à sucre est plantée par simple bouture sur les terrains de bas de pente ou sur les « *baiboho* ». L'installation des cannes à sucre sur une parcelle est identique à la fixation du sol par les touffes qui ne cessent pas de se multiplier chaque année. Son implantation n'a pas besoin d'une grande préparation, on n'a pas besoin de travail du sol ni trouaison. Un simple enfoncement de la bouture

suffit. La culture des cannes à sucre est souvent associée avec les autres cultures comme les vanilles, girofles, même avec les arbres fruitiers (avocatier, cannelle,...). Le sarclage doit être fait avant et/ou pendant la période végétative. Les résidus de sarclage sont laissés sur place pour couvrir le sol.

### **Caféier** (*Coffea sp*)

Concernant le café, celui-ci devient une culture de rente moins considérée s'il était très important trente ans auparavant. La fluctuation de prix sur le marché limite l'enthousiasme des paysans pour l'entretien et pour les renouvellements des plants, les champs de café se trouvent sous forêt d'*Albizzia* ou aux alentours du village ou associés avec les bananiers le long des vallons étroits des collines.

### **Bananier** (*Musa sp*)

Le bananier est une plante d'origine asiatique, elle a été introduite à Madagascar par les immigrants indonésiens... Dans la pratique, elle est souvent associée aux caféiers et se trouve sur les bas de pente ou sur les versants sous forêts d'*Albizzia*.

La culture nécessite un sol meuble et bien drainé. Quelques paysans choisissent d'implanter du bananier dans les parcelles en bas de pente qui ne peuvent produire et ne sont pas convenables au manioc. Dans ce cas, leur choix se balance entre le bananier et la canne à sucre parce que les deux cultures ne peuvent pas être associées. Les ombrages des feuilles des bananiers inhibent le développement des cannes à sucre. La culture de bananier prend une importance non négligeable. La banane permet une rentrée permanente d'argent durant toute l'année et contribue également dans l'alimentation.

### **Ananas** (*Ananas comosus*)

L'ananas est le second fruit après la banane. Il est cultivé sur les versants ou « *tanety* » et parfois au niveau des bas de pente. Certains paysans ont déjà commencé à associer l'ananas avec le manioc ou avec d'autres cultures comme les caféiers et les bananiers.

Les paysans disaient que l'existence des rongeurs impose des difficultés pour la production de ce fruit.

### **Les autres cultures**

Le haricot est classé par les paysans comme une culture rapide. Il est cultivé soit après le riz, en association avec le manioc pour être récolté après trois mois, soit sur des parcelles défrichées pour la monoculture. La culture de haricot est également pratiquée et la région s'y prête le risque est

qu'elle met à nu le sol pendant une certaine période. La patate douce est cultivée sur des parcelles près de cases avec ou sans labour. Après le riz et le manioc, les patates douces jouent un rôle important dans l'alimentation de base de la population. Le taro est assez exigeant, car il a besoin d'apport d'engrais pour réussir ; les paysans utilisent pour sa culture le « *mongo* » (c'est une composition des restes domestiques des écorces de manioc avec les sons de paddy). Le taro est aussi autoconsommable. Les pommes de terres, les carottes et les brèdes sont cultivées rarement dans la région et on les rencontre dans certains champs près des bas fonds.

### 3-2-1-c Pratiques culturelles

#### Les cultures sur brûlis

L'exiguïté des bas fonds et l'héritage culturel concernant l'utilisation des sols contribuent au maintien du système des cultures sur brûlis dans la zone. Le « *tavy* » ou culture sur brûlis se pratique sur les collines recouvertes de jachère ou de forêts primaires. En effet, d'après les paysans, il y a deux sortes de défrichage : Le défrichage de forêt et le défrichage de jachère.

Le défrichage d'une forêt primaire est un début de l'exploitation d'un terrain qui n'est pas encore cultivé. Pour défricher, les paysans commencent par l'enlèvement des strates inférieures, puis la strate moyenne, et enfin les gros arbres, ils utilisent plusieurs outils en fonction des tailles des arbres à couper. Le « *goro* » est utilisé pour couper les arbres de taille moyenne tandis que la hache pour les gros arbres.

Le défrichage d'une jachère est plus facile à faire par rapport à celui de la forêt primaire parce que la végétation est jeune, ne dépassent pas de 10 ans, ce sont des herbacées, il y a peu des ligneux. Le principe de défrichage est identique à celui de la forêt.

Le défrichage se fait au mois de Juillet- Août. Il consiste à couper la végétation à la laisser sécher pendant quelques jours à un mois en fonction du type de la biomasse et de sa densité, puis à la brûler.

La mise à feu de la biomasse asséchée se fait au mois d'Octobre-Novembre, mais avant de brûler, il faut établir un pare feu de cinq à dix mètres autour de la parcelle. Ce pare feu doit être bien nettoyé et balayé pour minimiser les risques d'extension du feu vers les parcelles voisines.

Selon l'enquête effectuée auprès les paysans, ils utilisent le feu pour :

- économiser le temps et la force de travail parce qu'il est difficile de faire par exemple, un ramassage de la biomasse après le défrichage ;
- nettoyer la parcelle de culture ;
- réchauffer le sol ;

- fertiliser les sols par les cendres, qui sont captées par les trous des semis lors des premières pluies.

### **La Mise en jachère**

Quelques semaines après la récolte, le terrain est recolonisé par la végétation secondaire qui est issue du développement des mauvaises herbes et de la repousse des autres plantes colonisatrices. C'est le début de la phase de jachère qui durera deux à six ans selon les cas. Cette durée, associée avec la fertilité du sol, va influencer, sur les caractéristiques de la végétation. De ce type de végétation viennent le nom de la jachère, propre à chaque type.

La période qui suit immédiatement la récolte de riz (pluvial) porte une jachère herbacée appelée « *Tovohindy* » selon les paysans. C'est une jachère de 3 à 4 mois dont les espèces dominantes sont : *Ahimaimbo*, *Ahibalala*, *Longoza*, *Voatrotrokala*, , et *Ampanga*. La hauteur de ces herbes est environ 0,4 à 0,6 m avec une densité de recouvrement faible à moyenne. La jachère « *Hibohibo* » est une jachère âgée de 1 à 3 ans. La végétation caractéristique est dominée par les herbacées comme celles de *Tovohindy* mais avec quelques ligneux en début de croissance qui vont constituer la phase suivante dite « *Kapoka* ». La jachère « *Kapoka* » est dominée par la végétation ligneuse telle *Harongana*, *Psiadia* au stade arbuste. C'est une jachère de 3 à 6 ans dont la hauteur de la végétation varie de 1 à 3 m suivant les espèces.

La jachère « *roranga* » est une végétation après des nombreux cycles de culture- jachère. Elle est constituée par une végétation à dominance des graminées (*Imperata*) et d'herbacées dont les

fougères et surtout les *Philippia* (*Anjavidy*). Les paysans disent que la fréquence élevée (annuelle, par 2 ans) des feux sur le sol a fait apparaître une telle végétation. On a observé sur terrain qu'au début de son stade, le *roranga* n'a qu'une faible végétation, moins dense (25%) de couverture. Après 5 à 7 ans sans passage de feu, la végétation devient dense et il y a apparition des nouvelles espèces (*Lantana*, *Psiadia*).

### **L'utilisation d'intrants**

#### *Compost :*

D'après l'enquête auprès les paysans, le compost est nécessaire pour l'amélioration des rendements de cultures mais l'insuffisance des formations pour la réalisation de celui-ci est le majeur problème pour le développement de l'agriculture. D'après l'analyse, 10% de la population seulement utilisent le Compost.

*NPK :*

Une grande majorité des paysans enquêtés affirme que l'utilisation du NPK est favorable pour le développement des cultures et pour l'augmentation des rendements surtout les brèdes mais il entraîne la dégradation du sol, s'il n'est pas associé aux fumures organiques.

*Fumier de parc :*

La méthode traditionnelle emploie uniquement des fumiers de parc. Les paysans enquêtés disent que leur terre ne se dégrade pas et assure un rendement convenable avec l'utilisation des fumiers de parc. Mais le problème se situe au niveau du nombre de bovins pour la production de fumier d'étable car 13,6% du ménage seulement possèdent de zébus.

*Autres types de fumiers :*

Certains paysans utilisent le fumier de poulailler et de porcherie à cause de l'insuffisance de zébus pour la production de fumier de parc.

### **Nouvelle technique agricole**

La majorité des paysans pratique la technique traditionnelle de monoculture. Les associations de cultures sont rencontrées chez certains paysans qui sont membres de l'association « KOLOHARENA » qui ont reçus des formations sur les techniques vulgarisées par les techniciens du projet LDI (Landscape Development Intervention) comme les cultures en courbe de niveau avec des mesures anti-érosives dont les plus utilisés est le Vétiver.

### **3-2-1-d Problèmes majeurs d'agriculture**

Les paysans du bassin versant de Manapatrana ne sont pas autosuffisants en productions vivrières, d'après l'enquête effectuée. Ils disent que leurs principaux problèmes majeurs d'agriculture sont :

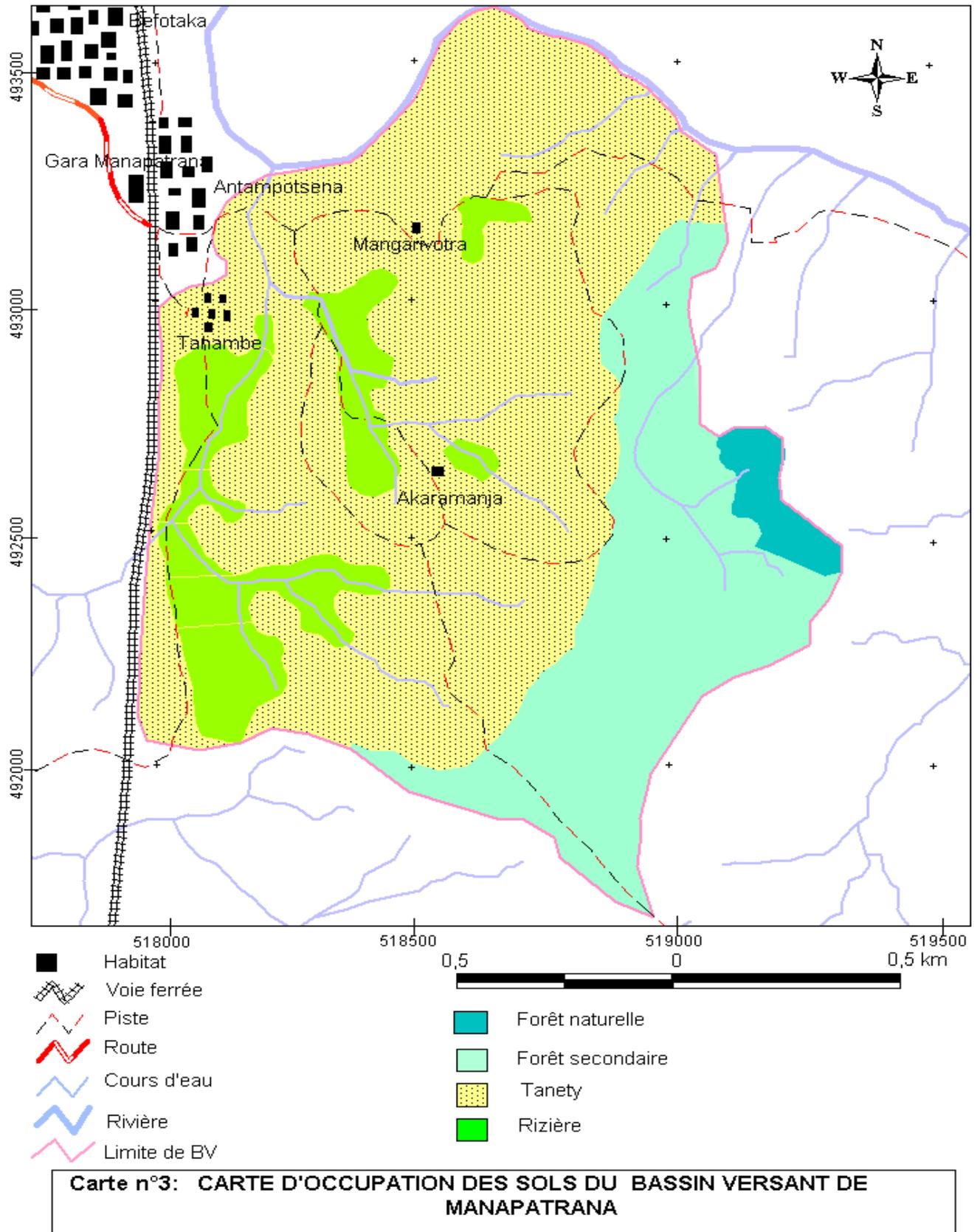
- ☞ Le manque des semences améliorées adaptées et des intrants agricoles.
- ☞ Insuffisances d'outils de production surtout au niveau d'exploitation agricole.
- ☞ L'insuffisance des moyens financiers mis à la disposition des paysans pour les travaux agricoles.
  - ☞ Les problèmes des maladies pour certaines cultures (par exemple les bananes : assèchement des feuilles).
  - ☞ Les paysans sont impuissants face aux rongeurs qui ravagent leurs cultures (par exemple : les rats).
- ☞ L'insuffisance d'encadrement car il n'y a aucun technicien agricole permanent pour donner des conseils au paysans dans les travaux d'exploitation.

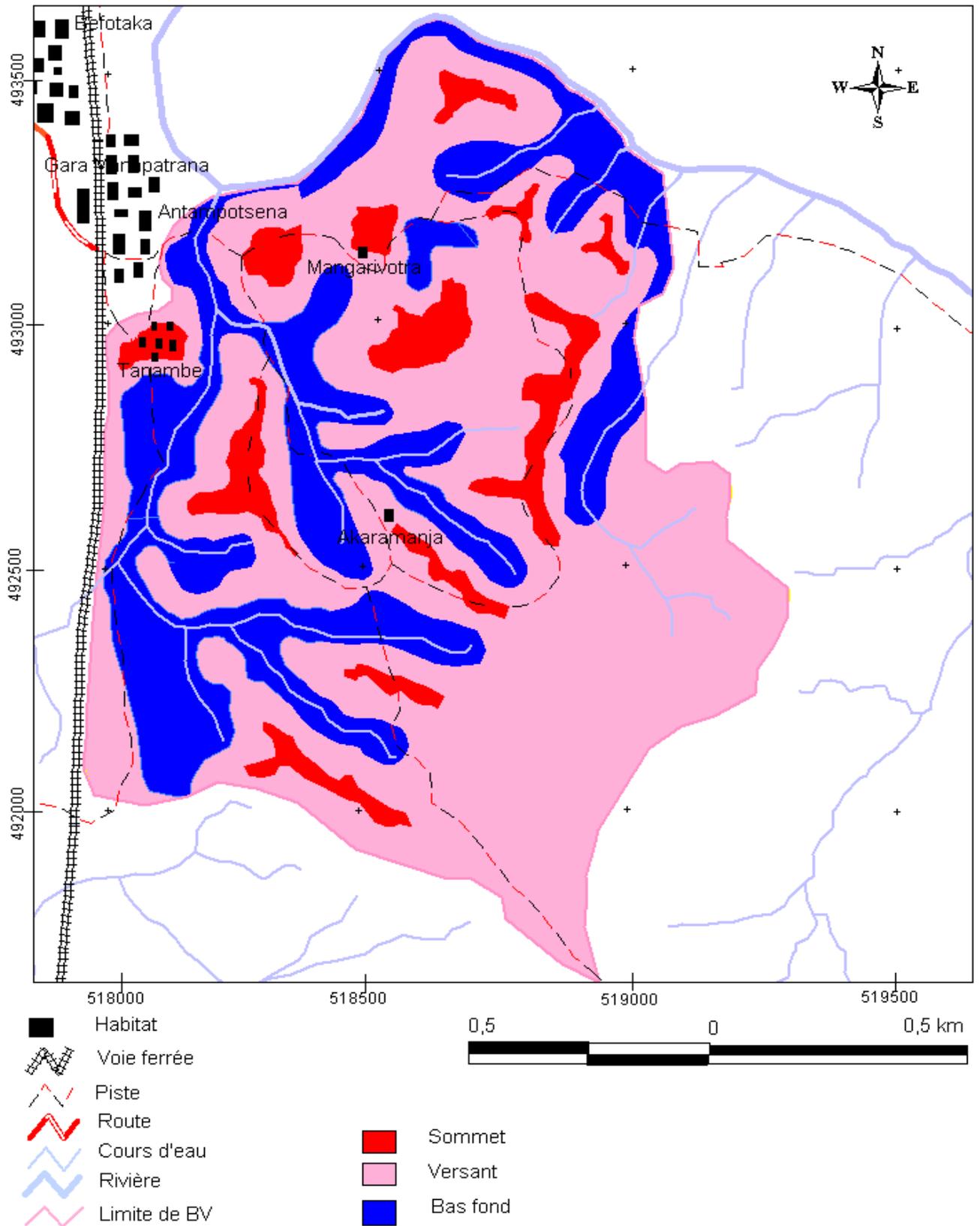
### **3-2-1-e Les différentes occupations des sols selon les types des sols, les toposéquences, et l'unité pédomorphologique**

Après avoir identifié les différentes parcelles du bassin versant et leurs propriétaires, l'observation dans les parcelles est faite avec l'exploitant pour pouvoir récolter en même temps les informations concernant ces parcelles (topographie, type de sol) et leurs occupations. Ces informations ont été complétées par les connaissances paysannes avec leurs termes vernaculaires. Le tableau suivant représente ces informations d'où les différentes occupations des sols selon les types des sols, les toposéquences, et l'unité pédomorphologique.

**Tableau n°03 : Les différentes occupations des sols selon les types des sols, les toposéquences, et l'unité pédomorphologique**

Unité	Topographie	Type de sol		Occupation de sol :
		Pédologie	Paysan (vernaculaire)	
Relief résiduel	Sommet	Sol peu évolué	<i>Tany mainty</i> (noir)	Manioc, riz pluvial, forêt naturelle
	Versant	Sol pénévolué	<i>Tany mena</i> (rouge)	Caféier, bananier, forêt secondaire
Relief de dissection	Sommet	Sol ferrallitique typique	<i>Tany mavo</i> (jaune)	Jachère ( <i>kapoka</i> )
	Versant	Sol pénévolué	<i>Tany mena</i> (rouge)	Manioc
Collines Et/ou Croupes convexes	Sommet	Sol ferrallitique typique	<i>Tany mavo</i> (jaune)	Jachère ( <i>kapoka</i> ).
			<i>Tany mavo</i> (jaune)	Arbre fruitier : litchis, avocatier
			<i>Tany mavo</i> (jaune)	Manioc
	Versant	Sol pénévolué	<i>Tany mena</i> (rouge)	Jachère ( <i>hibohibo</i> )
		Sol ferrallitique rajeuni	<i>Tany mavo</i> (jaune)	Manioc, haricot, patate douce, riz pluvial
	Bas de pente	Sol ferrallitique humifère	<i>Tany mainty</i> (noir)	Bananier + caféier ou Riz pluvial
			Sol peu évolué d'apport	<i>Tany lonaka</i> (fertile)
Bas fonds	Sol hydromorphe peu organique		Rizière	
Terrasse ancienne	Sommet	Sol ferrallitique remanié	<i>Tany fasikibo</i>	Arbres fruitiers : cannelle, litchi, avocatier
	Bas de pente	Sol ferrallitique rouge	<i>Tany mena</i>	Caféier + bananier
	Bas fonds	Sol hydromorphe moyennement organique		Rizière





**Carte n°4: CARTE DES TOPOSEQUENCES DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA**

## **III-2-2 Elevage**

### **3-2-2-a Bovins**

La majorité des paysans au sein du bassin versant ne possèdent pas de zébus. On n'a que trois éleveurs dont le nombre total de zébus est 10. Mais la plupart des ménages enquêtés disaient que les zébus entrent parmi les moyens de production, ils sont utilisés en tant que bêtes de trait, utilisés aussi pour ameublir les rizières après le labour à *l'angady* (piétinage) et pour la production des fumiers. Les paysans estiment que les zébus sont trop peu nombreux pour produire des quantités suffisantes de fumiers.

### **3-2-2-b Volailles**

L'élevage de volailles ne se pratique que de façon extensive. L'élevage des poules est le plus courant. Les poules ne sont donc pas nombreuses, de plus elles sont attaquées chaque année par des pestes du cholera. Les ménages commencent à élever les canards et les oies. Les quantités d'engrais issus de cette exploitation ne sont pas considérables si bien que les paysans les utilisent pour les brèdes et les légumes.

### **3-2-2-c Porcins**

L'élevage des porcins est peu pratiqué au sein du bassin versant. On n'a que cinq éleveurs. Les paysans disaient que ce type d'élevage demande beaucoup d'argent or que leur pouvoir d'achat est très bas. La seule maladie à craindre est la peste porcine africaine car il n'existe aucun vaccin contre celle-ci.

### **3-2-2-d Pisciculture**

Certains paysans membres de l'association KOLOHARENA pratiquent la pisciculture et suivent les instructions données par les techniciens du projet LDI (Landscape Development Intervention). Ils élèvent des carpes royales. Ce type d'élevage joue un rôle important sur la source de revenu des paysans pratiquants.

### **3-2-2-e Apiculture**

Au sein du bassin versant, un paysan seulement pratique l'apiculture. La plupart des paysans récoltent le miel dans la forêt ; le miel produit est consommé localement. Une cuillère de miel coûte 20 ariary.

### **III-2-3 Tenure foncière**

Tous les paysans se proclament être propriétaires des terres qu'ils cultivent mais ils ne possèdent des papiers officiels pour les droits de propriétés. La plupart des terres cultivées ne sont pas titrées.

Le mode d'occupation de l'espace est divisé en trois catégories :

- Occupation domaniale (la plus fréquentée) ;
- Occupation par lignage ;
- Occupation par achat.

### **III-2-4 Organisation sociale**

Les habitants du bassin versant de Manapatrana ont deux autorités distinctes. L'une est l'autorité administrative et l'autre est celle du Mpanjaka.

#### **3-2-4-a Institutions administratives**

Avec les nouvelles lois sur la décentralisation effective de la troisième république, Manapatrana fonctionne désormais en commune rurale. Il y a à la tête un conseiller communal et un bureau administratif dirigé par le maire. Les Conseillers et maire sont élus par suffrage universel. Avec l'ensemble des habitants, l'autorité administrative est responsable de fonctionnement des ses affaires intérieures (activités administratives, sociales et économiques) afin de promouvoir le développement de son territoire.

#### **3-2-4-b Mpanjaka**

Le Mpanjaka détient tout pouvoir d'un clan ou tribu *Tanala*. Il partage ce pouvoir avec les *Rayamandreny*, les plus âgées du clan, qui le conseillent quand il s'agit d'une décision à prendre, cela après consultation des villageois. Le dialogue direct entre le Mpanjaka et le peuple est possible avec le concours et la bénédiction des *Rayamandreny* (hommes plus âgés du village) en tant qu'adjoint et conseiller du roi. Le Mpanjaka assure la transmission des traditions et la portée du «*Hazomanga* ». Ceci est un morceau de bois que chaque clan garde dans un panier placé en haut sur une étagère élevée dans le «*Tranobe* ». La plante la plus importante au Malagasy, le «*Hazomanga* » est un arbre sacré, respecté et protégé. Il symbolise la délégation du pouvoir des ancêtres aux descendants et est utilisé dans les rituels dans tout Madagascar.

Par voie du «*Hazomanga* », le Mpanjaka a comme attribution de diriger toutes cérémonies ancestrales, faire respecter toutes les règles traditionnelles, donner des conseils et assurer des fonctions d'arbitres des litiges dans la société.

### **3-2-4-c Organisations**

Ces deux autorités vont toujours de pair et forment une association d'entraide dans le développement socio-économique. Avec le soutien des organisations (ERI, STABEX,...) qui oeuvrent dans la région, ils assurent le dynamisme de la population dans la gestion communautaire des ressources naturelles et la protection de l'environnement. Ils interviennent aussi aux problèmes des conflits familiaux.

## **III-2-5 Activités de reboisement**

### **3-2-5-a Pépinière**

Le projet ERI (Eco-Regional Initiatives Program), le STABEX, avec les paysans membres de l'association (COBA, KOLOHARENA, Akaramanja Mahatsinjo) a réalisé des pépinières de *Jatropha*, *Acacia*, de girofle, et poivre,... En vue de la protection des sources d'eau de Manapatrana par la reforestation et du développement des cultures de rentes dans la région.

### **3-2-5-b Reboisement**

Le projet ERI, les paysans membres de l'association Akaramanja Mahatsinjo ont boisé des « *Harina* » *Bruidelia tulasneana* sur la colline de Mahatsinjo en mars 2005 pour servir de bois de construction. Ils ont planté 50 « *Harina* » par membres de l'association.

**CHAPITRE IV**  
**ORIENTATIONS POUR**  
**L'AMENAGEMENT ET PROTECTION**  
**DU BASSIN VERSANT DE**  
**MANAPATRANA**

# **Chapitre IV ORIENTATIONS POUR L'AMENAGEMENT ET PROTECTION DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA**

## **IV-1 PROPOSITIONS POUR L'AMELIORATION DU SOL**

Les résultats d'analyse chimique du sol nous affirment que les sols du bassin versant sont en général des sols ferrallitiques acides et pauvres chimiquement. Ils ont cependant de bonnes caractéristiques physiques qui les avantagent, lorsque ces sols sont corrigés chimiquement. Plusieurs corrections seront proposées dans les paragraphes suivants.

### **4-1-1 Fertilisation par le NPK**

Il est normal que la plupart des sols exigent du NPK, mais il ne peut pas être utilisé seul, car après leur utilisation les sols peuvent devenir infertiles (selon les paysans). De la matière organique provenant de fumier de parc, d'enfouissement, de compost doit être apporté au sol en addition avec le NPK, car un sol appauvri en matière organique se dégrade progressivement.

### **4-1-2 Emploi du fumier de Parc**

Le fumier de parc est à la fois un amendement qui améliore les propriétés physico-chimiques du sol, et un engrais qui fournit des éléments minéraux pour la croissance des plantes.

En effet, il maintient le teneur en matière organique du sol, améliore la structure et augmente le pH des sols acides.

Selon les paysans, l'utilisation de fumier de parc dans le système de production donne des récoltes satisfaisantes mais le problème est l'insuffisance du nombre des zébus.

### **4-1-3 Utilisation du Compost**

Le compostage est une technique de transformation des débris et des matières végétales en humus bien décomposés pour enrichir les sols.

Le compostage vise surtout à augmenter la quantité des matières organiques à incorporer au niveau des terrains agricoles vu le manque de fumier. Il permet aussi une meilleure infiltration d'eau de ruissellement et le maintien de l'humidité dans le sol.

Le choix du site dans la mise en place de la fabrication de compost relève de la proximité d'un point d'eau pour faciliter l'arrosage.

#### 4-1-4 Dolomie (ou chaulage)

La dolomie apporte au sol du calcium (Ca) et du magnésium (Mg). D'après SOMADDEX (1990), La formule générale de la dolomie est  $(\text{CO}_3)_2\text{MgCa}$ , et son poids moléculaire est de 184,09. La dolomie est produite localement, car Madagascar possède quatre sites qui en contiennent, avec le gîte de cipolin dolimique d'Ihenkenina qui possède une teneur en magnésie la plus riche avec 21,90%, les sites d'Ibity, d'Antanifotsy et d'Ambatofinandrahana qui ont une teneur en magnésie variant entre 0,35% et 16,68%.

Les bienfaits de la dolomie sur les sols acides sont énumérés ci-après :

- Augmentation du pH acide du sol
- La toxicité aluminique qui apparaît pour les pH inférieurs à 5, se corrige par un apport d'amendement calcaire.
- En général, un apport de calcaire relevant le pH au moins à 5,5 élimine les toxicités manganiques.

Quand aux équilibres avec les autres bases échangeables :

- Ca et P : le calcium favorise l'assimilabilité du phosphore dans les sols acides.
- Mg et P : le magnésium favorise l'assimilation et le transport du phosphore dans la plante.
- Ca et Mg avec N. l'apport de dolomie provoque un accroissement des récoltes dû à une meilleure nutrition azotée.
- Ca et Al : le calcium empêche l'aluminium de traverser les membranes absorbantes des racelles.
- Ca et Mo : le relèvement du pH du sol par les amendements augmente les disponibilités du molybdène pour les cultures.
- De manière générale, la solubilité dite carbonique, lente et progressive de 1 à 3 ans de la dolomie, permet la correction du pH d'un sol acide. Elle favorise la formation des nodosités des légumineuses (rhyzobium) et offre un milieu favorable aux micro-organismes du sol, pour le bien être de celui-ci. En outre, la dolomie, par sa composition apporte des éléments indispensables au développement de la plante tels que le calcium et le magnésium. Ces mêmes éléments contribuent à la croissance et la résistance des tissus végétaux, et participent à la formation et à la maturation des grains et des fruits. Le magnésium, en liaison avec l'azote entre aussi dans la composition de la chlorophylle.

#### **4-1-5 Jachère améliorée**

Les jachères améliorées aident les agriculteurs à restaurer la fertilité du sol de leurs terres beaucoup plus rapidement que les jachères normales, notamment lorsqu'il n'est pas possible de laisser la terre en jachère pendant un certain temps. En outre, le sol devient fertile et il faut peu ou pas d'engrais pour obtenir une récolte intéressante.

Les arbres et les arbustes que l'on fait pousser dans les jachères améliorées reconstituent très rapidement la fertilité des sols. Par conséquent, elles raccourcissent le temps nécessaire pour restaurer la fertilité des sols. Elles fournissent également aux agriculteurs d'autres produits comme du bois de chauffage et des piquets. En plus de l'amélioration de la fertilité des sols, les jachères améliorées peuvent contrôler le développement des mauvaises herbes, surtout si les jachères sont répétées fréquemment ou durent longtemps (18 mois ou davantage). En incorporant la biomasse dans le sol, on améliore également la structure du sol qui permet, par exemple, d'accroître la capacité de rétention de l'eau.

Une bonne plante de jachère doit posséder plusieurs des caractéristiques suivantes :

- Elle pousse vite et ferme rapidement le couvert, pour supprimer les mauvaises herbes et contrôler l'érosion.
- Elle a des racines profondes pouvant puiser les nutriments qui se trouvent en profondeur dans le sol
- Elle fixe l'azote de façon biologique à partir de l'atmosphère, accumulant ainsi de bons nutriments.
- Elle fournit des produits supplémentaires comme des piquets, du fourrage, etc...

#### **4-1-6 Association des cultures**

La pratique de cultures associées est très courante au sein du bassin versant. Il suffit d'apporter des améliorations. Il faut prévoir une étude de leur densité, de leur aménagement dans le temps et dans l'espace, afin de pouvoir donner une couverture maximale du sol et un rendement soutenu. Lorsque les plantes sont bien associées, il y a eu une meilleure utilisation de sol.

Plusieurs avantages peuvent être obtenues par l'association des cultures :

- Elle permet d'avoir plusieurs récoltes sur un seul champ de culture. C'est une solution préconisée par des paysans ayant des champs de culture exigües.
- Les cultures associées permettent d'avoir des rendements plus élevés que les monocultures, surtout pour les cultures ayant des cycles végétatifs différents.
- Les cultures associées minimisent le développement des mauvaises herbes, ainsi que les maladies végétales

#### **4-1-7 Rotation culturale**

Elle joue un rôle important dans le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols ; donc un atout pour l'augmentation des rendements. La rotation culturale a plusieurs avantages :

Elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures ;

En particulier, la succession des plantes des familles différentes par exemple l'alternance des graminées avec des plantes oléifères permet de rompre le cycle de certains adventices.

Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol notamment sa structure.

#### **4-1-8 Semis direct**

« Le semis direct est une technique culturale qui consiste à placer directement la semence dans le sol non labouré, ou non remanié, en creusant un petit sillon ou un trou de poquet de profondeur et de largeur assez suffisantes pour garantir un bon contact de la semence avec le sol. Une couverture végétale pérenne, vive ou morte, est appliquée à la surface du sol pour empêcher le développement des mauvaises herbes, pour entretenir la fertilité ainsi que pour lutter contre l'érosion du sol » (SEGUY, L, 1994).

Les avantages des techniques de semis direct sont nombreux (MAZUKOWSKY et DERPSCH, 1984), l'on peut citer :

- Un contrôle très efficace de l'érosion, sans aucun remodelage de la surface du sol donc une conservation du sol, de l'eau, des éléments minéraux, une réduction de la pollution des eaux (courantes et nappes phréatiques) ;
- Une moindre évaporation et un stockage accru de l'humidité dans le sol, provoquant une meilleure germination et émergence des semences, et réduisant le risque climatique ;
- La réduction de l'amplitude thermique du sol ;
- L'économie substantielle de la main d'œuvre et de temps pour le cultivateur ;
- Le maintien et même l'augmentation du niveau de matière organique du sol au cours du temps ;
- L'augmentation de la faune endogée (nématodes, bactéries, etc....) grâce à une faible variation de température et à des conditions d'humidité plus favorable.

#### **4-1-9 Gestion et conservation de l'eau sur la parcelle**

Même si on a une longue durée de la saison de pluie, il faut gérer l'eau disponible sur la parcelle de culture pour conserver l'humidité du sol. Diverses méthodes permettent de gérer les eaux disponibles sur la parcelle telles que :

- La plantation d'arbres ou d'arbustes pouvant donner des ombres en vue d'une temporisation des amplitudes thermiques dues à la variation brusque de la chaleur du jour et de la fraîcheur de la nuit.
- La multiplication de la plantation d'espèces à grande surface foliaire tel que le bananier, le ravinala (*Ravenala madagascariensis*) et le taro (*Colocacacia antiquorum*) permettant de créer un microclimat relativement humide.
- La plantation d'espèces à racines traçantes pour l'augmentation de la capacité d'absorption et de rétention d'eau de sol

#### **4-1-10 Engrais vert**

Il s'agit d'enfouir le matériel végétal issu de la taille dans le sol ; la fermentation rapide lors de l'enfouissement, stimule l'activité des microbes et les engrais verts libèrent divers substances (vitamines, antibiotiques, acides organiques, éléments minéraux...) qui ont une action favorable sur la croissance des plantes et leur résistance aux maladies. Les légumineuses régénèrent le sol et surtout améliorent la structure sol, leur frondaison et la couverture des feuilles mortes assurent au sol une protection contre le martèlement des gouttes des pluies. Avec leurs racines, ils fixent le sol et favorisent ainsi l'infiltration de l'eau et la réduction du ruissellement et améliorent la stabilité structurale.

#### **4-1-11 Azolliculture**

L'*Azolla* est une petite plante (fougère) aquatique qui vit en symbiose avec une algue bleue, l'*Anabeana*. Sa principale caractéristique est de fixer l'azote (N<sub>2</sub>) de l'air grâce à son symbiote, c'est pourquoi on l'utilise comme engrais vert pour la riziculture. L'espèce rencontrée à Madagascar est l'*Azolla pinnata*. A part sa capacité de fixer l'azote atmosphérique, la symbiose *Azolla-anabeana* permet aussi de produire des composés carbonés.

##### **Condition écologique de l'*Azolla* :**

L'*Azolla* est une plante fragile qui exige un certain nombre de facteurs pour vivre, pour se développer, et pour croître. Parmi ces facteurs, on peut citer : l'eau, la température, la lumière, le pH de l'eau.

*Hauteur d'eau* : Selon Van Hove et al. (1983), la croissance d'*Azolla* est favorisée par une couche d'eau n'excédant pas quelques centimètres (5 à 10 cm). Cela favorise la nutrition minérale puisque les racines sont proches du sol.

*Température et lumière* : La répartition géographique du genre *Azolla* indique que celui-ci s'adapte à des conditions climatiques extrêmement variées.

- L'*Azolla* peut survivre entre 15° C à 40° C
- La croissance de l'*Azolla* reste toutefois bonne même aux intensités lumineuses maximales (Becking, 1979, Van Hove, 1983).

*Le pH* :

L'*Azolla* est particulièrement tolérant en ce qui concerne le pH du milieu. Il survit dans une gamme allant de pH 3,5 à 10 et sa croissance est pratiquement identique pour de pH variant de 4,5 à 7 (Ashton, 1974 ; Watanabe et al, 1977 ; Peters et al, 1980 ; Lumpkin et plucknet, 1980,1982).

Les avantages de l'azolliculture sont les suivantes :

- Grâce à son caractère diazotrophe, L'*Azolla* enrichit en azote le milieu dans lequel il se développe ; cet azote est libéré et mis en disposition des cultures lors de la décomposition de la fougère. Par estimation, l'enfouissement d'un tapis d'*Azolla* de bonne qualité a généralement des effets comparables à l'application de trente à quarante unités d'azote par hectare.
- Sa productivité élevée permet d'assurer un apport par enfouissement d'une quantité appréciable de matière organique au sol, et en améliorer la structure.
- L'*Azolla* est plus apte que le riz à accumuler le potassium en milieu pauvre en cet élément. Le potassium est restitué au sol lors de la décomposition de la fougère, en tant qu'engrais potassique.
- L'effet herbicide d'*Azolla* allège les travaux de sarclage ; de la même manière ; l'*Azolla* empêche la prolifération d'algues nuisibles au développement des cultures irriguées.
- L'*Azolla* constitue un aliment valable pour de nombreux animaux d'élevage comme les poissons, porcs, poule, canards, oies, lapins.

#### **4-1-12 Paillage**

Comme nous savons depuis Lavoisier que « rien ne se crée et rien ne se perd dans le monde de la nature », tout ce qui est exporté doit être déposé quelque part.

Le paillage consiste à couvrir la surface du sol pendant le temps nécessaire pour que la plante arrive à couvrir le sol.

Le paillage est efficace pour infiltrer l'eau de ruissellement, limiter l'évaporation et protéger le sol contre l'érosion (ROOSE, 1994). Par recyclage, il assure des apports adéquats de matière organique et minérale. Les sources de paillage pourraient être des résidus des cultures,...

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle héberge parfois des ravageurs.

#### **4-1-13 L'agroforesterie**

« L'agroforesterie est un terme collectif qui désigne des systèmes et techniques de mise en valeur des terres dans lesquels les végétaux ligneux pérennes (arbres, arbustes, palmiers, bambous, etc...) sont délibérément associés sur un même terrain à des cultures ou à l'élevage, soit simultanément selon un certain agencement dans l'espace, soit en succession dans le temps. Dans les systèmes agroforestiers, il y a des interactions aussi bien écologiques qu'économiques entre les différentes composantes » (Lundgren, 1982).

Le but de l'agroforesterie est d'augmenter la productivité totale par unité de surface tout en respectant le principe du rendement soutenu.

Les arbres et arbustes puisent les éléments nutritifs du sol, les recyclent et les restituent à la surface sous forme d'humus ou d'engrais par l'intermédiaire des feuillages.

Ces derniers contribuent ainsi à l'amélioration de la structure du sol. Au fil du temps, les éléments nutritifs du sol sont drainés par l'eau à l'intérieur du sol, et seuls les arbres ou arbustes par leur feuillage et leur racine ont la possibilité de les ramener à la surface du sol.

En conclusion, les meilleures techniques de fertilisation à pratiquer sont à la portée des paysans, telles la fertilisation par des engrais, la dolomie, la jachère améliorée, la rotation culturale, l'agroforesterie, l'azolliculture, etc... Le tableau suivant récapitule les effets et impacts de ces différentes améliorations au sol et à la population.

**Tableau n° 04: Tableau récapitulatif pour les différentes améliorations des sols et orientations sur l'aménagement physique.**

Problèmes	Mesures à prendre	Résultats	Effets	Impacts
<b>Degradation Chimique Des sols</b>	<p>Plantes de couverture permanente (couverture vive ou morte).</p> <p>Semis direct.</p> <p>Apport d'engrais (compost biologique, fumier de parc).</p> <p>Apport de la dolomie</p> <p>Rotation culturale.</p> <p>Jachères améliorées.</p> <p>Intégration des Légumineuses (fixation de l'Azote de l'air).</p> <p>Restitution des résidus de récolte au sol.</p> <p>Pas de feu pour le nettoyage des parcelles culturales.</p> <p>etc.</p>	Sols fertiles	La production animale et végétale sont augmentées	<p>- Les ressources en sols sont viables</p> <p>- Le cadre de vie de population est amélioré</p>
<b>Degradation Physique Des sols</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bandes enherbées.</li> <li>- Systèmes agroforestiers.</li> <li>- Terrasses progressives ou intégrales.</li> <li>- Structures biologique /mécanique sur courbes de niveau.</li> <li>- Haie vive fixatrice de sol.</li> <li>- Labour minimum /Zéro labour.</li> <li>- Association culturale.</li> <li>- Mise en défens (ni feu, ni pâturage).</li> <li>- Reforestation/ Arboriculture fruitière.</li> <li>- Herbes et Arbres fourragères,</li> <li>- etc.</li> </ul>	Sols stables	Les pertes en terres sont réduites	

## IV-2 SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE PROTECTION DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA

L'analyse de tous les résultats prospectés sur terrain nous donne les différentes potentialités et contraintes des sols du bassin versant de Manapatrana. C'est à partir de cette analyse et la confrontation de ces résultats avec les données recueillies de la bibliographie qu'a été déduite le schéma d'aménagement et de protection de ce bassin versant. Ce schéma donnera les détails sur les mesures à prendre en instaurant les différents systèmes agroforestiers adaptés au milieu, il essaiera de corriger et de compléter les techniques traditionnelles sur la production agricole et la préservation de la biodiversité. Le tableau suivant donne les étapes à faire en fonction de la position topographique et l'occupation du sol.

**Tableau N°05 : Schéma d'aménagement et de protection de bassin versant de Manapatrana**

Code	Occupation de sol	Toposéquence		Proposition d'aménagement
		Positions topographiques	Paysan	
1	Forêt naturelle	crête		MED + AMGT
2	Forêt dégradée Enrichie	crête		MED
3	Reboisement installé	crête		AMGT
4	Jachère: (h) ou (k) ou ®	Versant à pente forte à très forte	<i>Foringa</i> (**) ou <i>Harana</i> (**)	MED + Afforestation
5	Terrains de cultures	Versant à pente forte	<i>Foringa</i>	Agroforesterie (Arbre+culture+Arboriculture) + MAE
6	Terrains de cultures vivrières	Versant à pente forte	<i>Foringa</i>	Agroforesterie + Légumineuses + MAE
7	Jachère : (h) ou (k)	Colluvions de Bas de pente		Vocation agricole + MAE
8	Jachère : (h) ou (k)	Bas de pente, sommet, terrasse	<i>Harenana</i> (**)	(a)Vocation agricole (b) Reboisement
9	Rizière	Bas fonds		SRI et SRA
10	Rizière	En étage		SRI et SRA

\* **Légendes** : (h)= *hibohibo* (\*) (\*) : voir chapitre 3-2-1-c (page39), (\*\*): voir annexe II  
(k)= *kapoka* (\*)  
®= *roranga* (\*)

**\* Les abréviations :**

- MAE signifie mesures anti-érosives.
- MED correspond à la mise en défens qui signifie qu'il ne faut pas détruire la végétation déjà installée et qu'il faudrait la protéger contre les feux par des pare-feux, et contre la divagation des animaux, en particulier les bovins.
- AMGT veut dire qu'il faut faire des aménagements (sylviculture, reboisement,...)

**4-2-1 Code 1 : Forêt naturelle peu dégradée + MED + AMGT**

La forêt de crête restante doit être maintenue et protégée (MED) car elle représente un écosystème assez riche et très varié de ressources naturelles et d'organismes vivants, dont le fonctionnement d'ensemble est très complexe. L'extension des « Tavy » sur les forêts et la dégradation du sol provoquée par cette pratique culturelle se traduisent souvent par des influences négatives au niveau de l'environnement, telles : une érosion considérable, une perturbation des cycles de l'eau, une perturbation de la qualité et du débit de l'eau, une aggravation de la sécheresse. Dans ce cas, la gestion communautaire de la forêt est un bon moyen de conservation. L'application des lois sur la gestion communautaire de forêt doit être adaptée aux besoins de la population concernée. La GELOSE ou Gestion Locale Sécurisée des ressources renouvelables consiste à confier aux communautés locales de base la gestion durable et une valorisation de certaines ressources comprises dans les limites de leur terroir. L'aménagement des forêts naturelles a pour objectif de sauvegarder la biodiversité qui existe et l'équilibre écologique. Cet aménagement introduit les techniques de sylviculture telle le dégagement de la végétation concurrente par les soins sylvicoles (AMGT).

**4 2-2 Code2 : Forêts dégradées : enrichissement + MED**

Les forêts dégradés ou « savoka » seront aménagées et enrichies avec des essences de valeur si possibles avec les essences qui auraient jadis composées ces forêts, et qui auraient des similarités avec des essences présentes dans la forêt naturelle qui lui est contiguë. La mise en défens (MED) consiste à conserver les espèces forestières restantes. Les essences forestières conseillées pour enrichir ces forêts sont proposées en annexe X.

#### **4-2-3 Code3 : Reboisement déjà installé + AMGT**

Ce sont des reboisements de « *harina* » *Brudelia tulasneana* déjà installés sur les sommets des collines de Mahatsinjo qui sont aménagés pour la sylviculture afin de remplir les divers rôles qui leurs sont assignés, tels que la protection des sols et la production de bois.

#### **4-2-4 Code 4 : Jachère + MED + afforestation**

Les jachères sur les versants à pentes moyennes ou « *foringa* » sont seulement mises en défens afin de maintenir les espèces qui les constituent donc de conserver la biodiversité et de protéger ces versants contre les phénomènes d'érosions. Sur les pentes très fortes, les mesures doivent être strictes, les parcelles de jachères sont à vocation forestières, l'afforestation est conseillée. On parle d'afforestation car il s'agit ici de sols où il n'y a pas encore des forêts sur lesquels seront plantés des arbres (BLASER, RAKOTOMANANA, 1990). Les racines des arbres de ces reboisements auront pour rôle de retenir le sol contre les différentes formes d'érosion (éboulements, ravines,...). Sur ces pentes fortes, sensibles à l'érosion ; les débris des végétaux, et les parties aériennes des arbres jouent le rôle d'écran végétal, protègent les sols contre l'énergie des gouttes des pluies, ralentissent les vitesses de l'eau de ruissellement et permettent une meilleure infiltration. Les espèces forestières proposées sont toujours dans l'annexe X.

#### **4-2-5 Code 5 : Terrain de culture + Agroforesterie (arbre + culture + arboriculture) + MAE**

Le système d'agroforesterie est une méthode d'association culturale à grande échelle. Ici, on intercale dans un même champ les arbres, les arbres fruitiers et les cultures (vivrières).

Dans ce cas, les plantations d'arbres et arbres fruitiers sont proposées au sommet ou dans la partie haute du versant en vue de donner des ombrages aux cultures en aval et de fournir à ces cultures de la biomasse. Les arbres assurent aussi la protection du sol contre les érosions. Au mi versant, l'association des cultures de café avec les bananes est conseillée car ces cultures ont besoin d'ombrage et beaucoup des éléments nutritifs. Au niveau des bas de pente, les cultures vivrières (manioc, patates douces, riz pluvial) sont proposées.

Ce système est préconisé pour les sols contenant déjà des cultures associées effectuées par les paysans (méthode traditionnelle). On a observé dans certaines parcelles quelques aménagements où il y a des cultures en combinaison avec des haies de vétiver suivant les courbes de niveau (Akaramanja). On peut ajouter à cette pratique l'implantation des quelques pieds de *Flemengia* comme plante protectrice et amélioratrice du sol.

#### **4-2-6 Code 6 : Terrains de cultures vivrières + MAE avec des légumineuses**

Ce système agroforestier se caractérise par une association des cultures avec des arbustes légumineux comme le *Tephrosia sp*, *Flemengia*,...utilisées comme haies vives. Ils sont préconisés pour améliorer les propriétés physico-chimiques des sols nus ou dénudés après mis en culture et pour lutter contre l'érosion et le ruissellement.. Cette méthode est conseillée pour les cultures vivrières (manioc, riz pluvial) sur les versants des *Tanety* ou « *foringa* »

#### **4-2-7 Code7 : Colluvions de bas de pente : Vocation agricole + MAE**

Les sols des bas de pente sont fertiles car se sont des sols d'origine colluvial, c'est pourquoi ils sont voués pour les cultures. Mais, par contre sur certains bas de pente qui ont des pentes assez fortes, il fallait installer des haies anti-érosives en courbe de niveau telle les vétiver, etc....

#### **4-2-8 Code8: « Harenana » ou replat : Vocation agricole (a), reboisement (b)**

D'après les paysans, les « *harenana* » sont des zones plus ou moins planes ou à pentes faibles. Ils peuvent être des terrasses anciennes ou une partie plane de l'unité des grandes pentes qui se trouve toujours en aval (vallons secondaires des bas de pentes, « *Baiboho* ») et quelques fois sur les sommets. Les caractéristiques du milieu (type de sol, exposition, position topographique) font qu'il s'agit de terrain à vocation agricole (a) car ils sont facilement cultivables et surtout, sont fertiles (cas de bas de pente). Mais, par contre, au niveau des sommets, la dominance des stonelines constitue une contrainte pour le développement des cultures. Donc, les sols des sommets sont voués aux boisements (b).

#### **4-2-9 Code 9 : SRA et SRI des rizières des bas fonds**

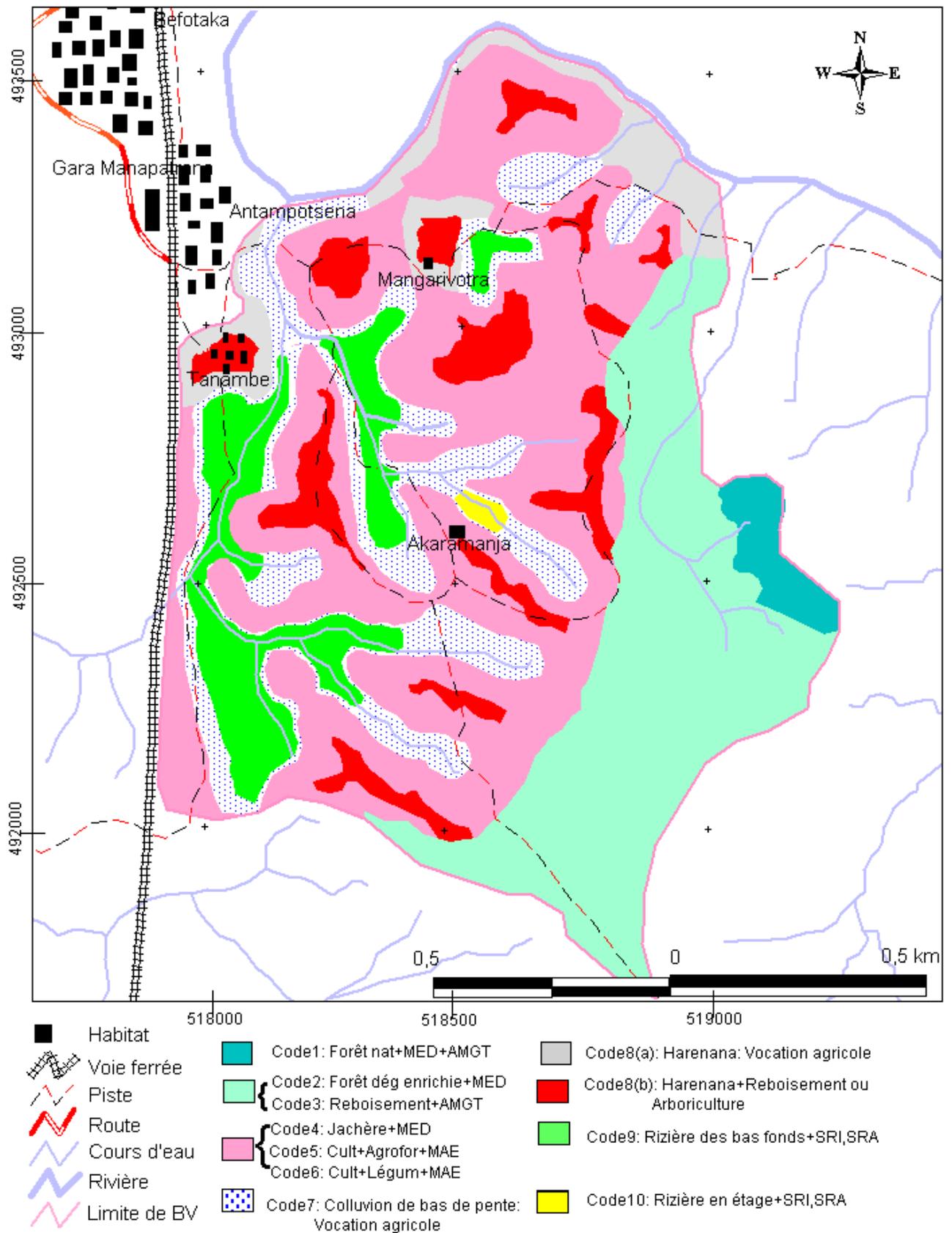
Nous avons cité dans les paragraphes précédents que les bas fonds sont aménagés en rizières avec des pratiques traditionnelles tels les repiquages en foule des plants assez âgés.

Le SRI (Système de Riziculture Intensive) et le SRA (Système de riziculture améliorée) sont proposées pour améliorer la productivité car ils permettent d'augmenter le rendement sans recourir aux intrants importés et coûteux. Le système consiste à optimiser le pouvoir de tallage du riz dans la parcelle où il est cultivé.

. Dans la pratique de ces nouvelles techniques on doit repiquer des plants très jeunes (à l'âge de 8 jours pour le SRI et 20 jours pour les SRA)

#### **4-2-10 Code 10 : SRI et SRA des rizières en étages**

Comme pour le code 9, la pratique de SRA et SRI est proposée pour les mêmes raisons.



**Carte n°5: CARTE DE VOCATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE MANAPATRANA**

### **IV-3 LES MESURES D'ACCOMPAGNEMENT**

Il est souvent difficile de faire accepter aux paysans les propositions sans se préoccuper de leurs besoins immédiates, d'où les mesures d'accompagnement. Elles sont indispensables. Compte tenu des potentialités de la région, il est probable d'obtenir des résultats concrets sur son développement si la gestion des ressources naturelles s'améliore.

Dans le cadre de la restauration des ressources naturelles. Il faudrait intensifier la pépinière déjà existante par des équipements et des plants. Des reboisements à croissance rapide pour le bois de chauffage et autre utilisation des bois sont nécessaires. En parlant des bois et leur utilisation, à long terme on pourrait penser à l'utilisation d'autres formes d'énergie tel que le gaz, ou l'énergie solaire afin de ne plus exploiter abusivement les forêts. Pour une meilleure conservation et protection des vestiges des forêts naturelles, l'application des lois sur la gestion communautaire des forêts est nécessaire.

Dans le cadre d'activités agricoles et d'élevage, on doit envisager pour l'avenir à une situation dans laquelle il y a un approvisionnement en semences, en engrais utiles, et en dolomie à prix abordable dans la région. L'existence des techniciens agricoles, de l'élevage, ainsi que des forestiers permanents pour guider la population dans toutes ses différentes exploitations (maladies végétale et animale, arboriculture, pépinière forestière) est aussi indispensable.

En ce qui concerne les informations éducations et communications, les campagnes de sensibilisation sur les méfaits du feu, la nécessité de protéger la forêt, la nécessité de s'organiser pour créer des infrastructures indispensables pour le développement de la région seront nécessaire.

A l'échelle de la gestion du terroir, la dégradation des ressources naturelles résulte principalement des problèmes agricoles. Il faut donc améliorer les savoirs faire locaux (artisanat), la production locale des fumiers, vulgariser certains techniques telle la rizipisciculture : c'est un exemple typique de l'association culture-élevage. Elle permet d'augmenter la production du riz et de disposer en plus des poissons, car par ses excréments, les poissons fertilisent les rizières.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

Cette étude a permis de concevoir une orientation future pour l'aménagement et la protection du bassin versant de Manapatrana. La menace par la dégradation des forêts naturelles due à l'extension des cultures sur brûlis et l'exiguïté des bas fonds pour la riziculture irriguée nous a imposé d'étudier certaines caractéristiques du sol du bassin versant pour en assurer leur valorisation agricole d'où la réalisation du schéma d'aménagement. La présente étude fournit aussi des documents utiles tels les différentes cartes thématiques en particulier la carte de vocation de sol obtenue à partir l'interprétation des photos aériennes. Pour la réalisation de ces cartes, comme nous avons déjà évoqués dans la méthodologie le SIG est un outil performant pour rassembler, analyser, combiner et mieux présenter les informations concernant le bassin versant en vue de proposer une meilleure gestion des ressources naturelles en particulier le sol.

L'analyse chimique des échantillons des sols effectués au laboratoire a montré que les sols du bassin versant sont pauvres en éléments nutritifs et que leur fertilité peut être accrue par des amendements organiques et minéraux surtout calciques et phosphatés et que les rendements des cultures peuvent être accrus de façon importante.

D'après le schéma d'aménagement, les sols du bassin versant sont plus voués aux boisements qu'aux cultures vivrières à cause de la dominance des pentes fortes qui sont supérieures à 25% (plus précisément entre 60 à 80%), l'état de couvert végétal et surtout les propriétés chimiques des sols peu convenables à ces dernières.

Pour les sols destinés aux cultures, des amendements, des mesures de lutttes anti-érosives, des associations des cultures, et des techniques agroforestières sont proposées pour augmenter le rendement et améliorer non seulement les propriétés chimiques mais aussi les propriétés physiques des sols. Ce schéma d'aménagement permet de rationaliser l'utilisation des ressources en sol, tout en rationalisant la végétation qui le colonise. Cependant, ce schéma mérite d'être amélioré davantage, vu qu'il y a un caractère évolutif.

Les différentes propositions d'améliorations comme l'utilisation des engrais verts, la rotation culturale, l'apport des matières organiques, les amendements dolomitiques, etc...devraient être combinées avec le schéma d'aménagement car d'après l'analyse chimique des sols, les corrections adaptées à chaque type des sols seront mieux précisées. Ceci est toujours dans le but d'améliorer les rendements agricoles de ces sols. Ces propositions ont pour but aussi de gérer rationnellement en premier lieu le sol, pour qu'ils puissent remplir pleinement leur double rôle de support et de source d'éléments nutritifs, en second lieu pour que la population n'essaye plus d'exploiter les autres ressources naturelles. Les ressources naturelles les plus touchées sont les forêts qui ont permis à la population de combler son manque à gagner.

Le schéma d'aménagement et de protection de bassin versant de Manapatrana où y est précisé la vocation de sol dans ce bassin est donc une solution proposée pour sauvegarder la biodiversité et l'équilibre écologique de l'écosystème du dernier vestige de forêt naturelle. Ce schéma a pour finalité le bien être des paysans. En effet, la population peut satisfaire ses besoins alimentaires, et par la suite ses besoins financiers. De plus, par les biais de la biodiversité de la forêt naturelle, la population, mais aussi l'humanité entière peut profiter de ses bienfaits insoupçonnables. En effet, le sol, trop souvent marginalisé à cause de leur forte dégradation causée par la pratique de « *Tavy* » devrait être gérée rationnellement pour augmenter la production agricole du bassin versant de Manapatrana.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

- ABOULARBES O., RASOLOFOHARIVONY G., (1995).** L'aménagement des ressources naturelles dans les bassins versants : Problématique et élément d'une stratégie.  
*In Rev. Akon'ny Ala n°16, pp.13-20*
- ANTHONY M. (1981).** Choix d'essences légumineuses pour l'Agroforesterie au Cameroun.  
Institut de la recherche Agronomique, Yaoundé, République unie de Cameroun. Microsoft Internet Explorer. Microsoft Internet Explorer.  
([http://www. Google. Com/Agroforesterie](http://www.Google.Com/Agroforesterie))
- BLASER J., RAKOTOMANANA J.,-L. (1990).** Zones de reboisement à Madagascar.  
Proposition d'une classification et du choix des essences.  
*In Rev. Akon'ny Ala n°05, pp.5-13*
- BESAIRIE H. (1957).** La géologie de Madagascar en 1975. Publication. Service Géologique de Madagascar. Tananarive.169p
- BOURGEAT F., PETIT M. (1968).** Les « stonelines » et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches. 35p + annexe
- BOURGEAT F., HUYN VAN NHAN, VICARIOT F., ZEBROWSKI C. (1973).**  
Relation entre le relief, les types des sols et leurs aptitudes culturelles sur les hautes terres malgaches. Cah. OSTROM, Sér. Biol. n° 19, pp.23-41.
- BOURGEAT F. (1973).** Sols sur socle ancien à Madagascar. Type de différenciation et interprétation chronologique au cours du Quaternaire.
- BOURGEAT F., RANDRIAMBOAVONJY J.C., SOURDAT M. (1995).**  
Les unités pédomorphologiques à Madagascar. Les facteurs de pédogénèse. Potentialité et contraintes régionales. *In Rev. Akon'ny Ala n°17, pp.40-49*
- BRAND Jürg et WILFRED Lambo.R (1997).** La dégradation de sols. In cahier Terre-Tany. BEMA n°06 : Un système agroécologique dominé par le Tavy : La région de Beforona, falaise Est de Madagascar. Cahiers des études et recherches des projet Terre-Tany FOFIFA/ GDE/ GUIB. Antananarivo pp 49-58.
- GOODMAN (S. M), RAZAFINDRATSITA (2001).** Inventaire biologique du Parc national de Ranomafana et du couloir forestier qui relie le PN Andringitra, serie biologique n°17, Antananarivo. Madagascar
- KARL SCHULER, ANDRIATIANA RAKOTONDRALAMBO (19994).** Aménagement des Tanety. ANAE Madagascar. 33p + annexe
- KOECHLIN. J, GUILLAUMET J.L, MORAT. P (1974).** Flore et végétation de Madagascar

- MAB/ UNESCO, (1992).** Evolution de la dégradation du couvert forestier sur l'Est de Madagascar. Microsoft Internet Explorer. ([http://www. Google. Com/Agroforesterie](http://www.Google.Com/Agroforesterie)).
- ONE (1997).** Bulletin Statistique Environnement. Publication annuelle n°1. 55p+annexe
- RAHAGARISON. (1995).** Etude bibliographique de l'*Azolla* ou « ramilamina » plante fertilisatrice d'Azote (N<sub>2</sub>). Publication Internet. Microsoft Internet Explorer. ([http://www. Google. Com/Azolla](http://www.Google.Com/Azolla))
- RAKOTONARIVO. R. (2000).** La culture sur brûlis sur le versant Est de Madagascar : proposition d'amélioration de la rotation culturale et de la jachère. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département Eaux et Forêts. 120p + annexe
- RAKOTONIRINA Lovatiana Albert. (2006).** Diagnostic du risque érosif en Pays *Tanala* : Cas des villages d'Ambalavero et d'Ambodivanana. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 87p + annexe
- RAMAMONJISOA B. S. (1996).** Méthodes d'enquêtes. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 32p
- RAMAMPIANDRA Nirina (2001).** Problématique de la gestion des ressources naturelles dans la région d'Ambondrombe. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 61p
- RANAIVOARISOA R. (1999).** Conception et élaboration des outils de gestion durable des ressources naturelles dans le département d'Ambatolampy par l'utilisation du Système d'Information géographique. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux Forêts. 92p + annexe
- RANDRIAMBOAVONJY J. C. (1995).** Etude des pédopaysages dans quatre zone test de Madagascar. Thèse Docteur Ingénieur. Université d'Antananarivo .Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 222p
- RANDRIAMBOAVONJY J. C. (1997).** Examen du profil pédologique. Manuel forestier n°02. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 28p + annexe
- RANDRIAMBOAVONJY J. C. (1998).** Les analyses courantes de sol. Manuel à l'usage des patriciens. Université d'Antananarivo .Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 44p + annexe

- RANDRIATSIZAFY Ignela Sahondra. (2004).** Proposition de mise en valeur des sols d'une commune. Cas de commune de Tsinjoarivo. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 73p + annexe
- RAUNET. M (1997).** Bilan et évaluation des travaux et réalisation en matière de conservation des sols à Madagascar : solutions techniques de lutte contre l'érosion volume III. CIRAD-ANAE-FOFIFA.460p
- RAZAFINDRAMANGA MINONIAINA L. (2003).** Place et rôle de la couverture forestière dans l'aménagement régional. Cas de la région d'Andohaëla. Madagascar Sud-Est. Thèse Docteur-Ingénieur. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 266p + annexe
- RAZAFINDRASATA Andiamandresy Fitzgerald (1998).** Gestion durable des ressources naturelles dans le cadre d'une exploitation forestière par une association villageoise. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 75p + annexe
- RAZAFINTSALAMA, R (2002).** Bilan des espèces forestières autochtones adaptées au versant Est de Madagascar en vue de la réhabilitation des zones dégradées dans les sites CAF. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 77p + annexe
- REPUBLIQUE FRANCAISE. (2002).** Ministère des affaires étrangères. CIRAD-GRET. Memento de l'Agronome. Paris France. 1691p
- REPUBLIQUE FRANCAISE. (1991).** Ministère de la Coopération et du Développement. Memento de l'Agronome. 4<sup>ème</sup> édition. 1635p
- ROBINSON Victorien. (1984).** Etude morphopédologique du bassin versant d'Andakana en vue de son aménagement. Mémoire de fin d'étude. Université d'Antananarivo. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques. Département des Eaux et Forêts. 71p + annexe
- ROOSE. E (1994).** Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique n°70, FAO, Rome. 422p
- SEAGLEN. P (1994).** Les sols ferrallitiques : leur identification et environnement immédiat. Les sols ferrallitiques et leur répartition géographique, tome 1, édition ORSTOM, Paris. 198p
- TASSIN. J (1995).** La protection des bassins versants à Madagascar : bilan des actions conduites dans la région du Lac Alaotra. Bois et forêt des tropiques n°246. pp 7-22
- TEFY SAINA (2000):** LE SRI. La découverte agronomique du XXème siècle. Microsoft Internet Explorer. [www // . Tefysaina.org](http://www.Tefysaina.org).

**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO.** Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques.

Département des Eaux et Forêts. Rév Akon' ny Ala n° 22 et 23.

**VAN HOVE C. (1989).** *Azolla* : ses emplois multiples, son intérêt en Afrique. Organisation des Nations Unies pour l'Alim

# **PLAGES PHOTOGRAPHIQUES**



Photo n°1 : La rivière de FARAONY



Photo n°2 : Système d'irrigation des rizières en extension



Photo n°3 : Pépinières des girofles et poivres



Photo n°4 : Pépinières de jatropha



Photo n° 5 : Culture en courbe de niveau avec haie de vétiver



Photo n°6 : Extension des rizières en étages



Photo n°7 : Erosion en nappe



Photo n°8 : Ravine créée par l'ancien piste des boeufs



Photo n°9 : Erosion en lavaka



Photo n°10 : Jachère *kapoka*



Photo n°11 : Utilisation de « mongo » pour la culture de taro



Photo n°12 : Riz pluvial sur tanety

# **ANNEXES**

## LISTE DES ANNEXES

- Annexe I : Le programme ERI (Eco-Regional Initiatives) Fianarantsoa
- Annexe II : Classification *Tanala* sur la géomorphologie
- Annexe III : Description des profils pédologiques
- Annexe IV : Protocole d'analyses effectuées au laboratoire
- Annexe V : Résultats des analyses chimiques du sol
- Annexe VI : Normes d'interprétation des résultats d'analyses des sols
- Annexe VII : Listes des enquêtes et questionnaires effectuées
- Annexe VIII : Répartition par classe d'âge de la population du bassin versant
- Annexe IX : Quelques espèces forestières recensées à Manapatrana
- Annexe X : Liste des essences forestières convenant à Manapatrana pour la reforestation, le reboisement, l'afforestation, l'enrichissement.

## ANNEXE I

### LE PROGRAMME ERI/USAID



#### **Mission**

Le Programme Ecoregional Initiatives (ERI) contribue à la mise en oeuvre du Programme Environnementale III (PEIII). Financé par l'USAID Madagascar et exécuté par Development Alternatives, Inc., DAI, le programme ERI promeut avec ses partenaires la bonne gestion de la biodiversité des écosystèmes forestiers prioritaires et la réduction de la pauvreté de la population riveraine.

Le programme ERI intervient dans les écorégions de basse, moyenne et haute altitude autour du corridor Ranomafana-Andringitra (Bureau régional de Fianarantsoa) et Mantadia-Zahamena (Bureau régional de Toamasina). D'une durée de cinq ans, ERI collabore avec une multitude de partenaires aux différentes échelles : des associations villageoises jusqu'aux autorités étatiques communales, régionales et nationales.

#### **Orientations du programme**

Module 1: Promouvoir et Mettre en oeuvre l'Approche Ecorégionale

Module 2: Renforcer la Gestion Communautaire des Ressources Naturelles

Module 3: Etendre les Alternatives au Tavy

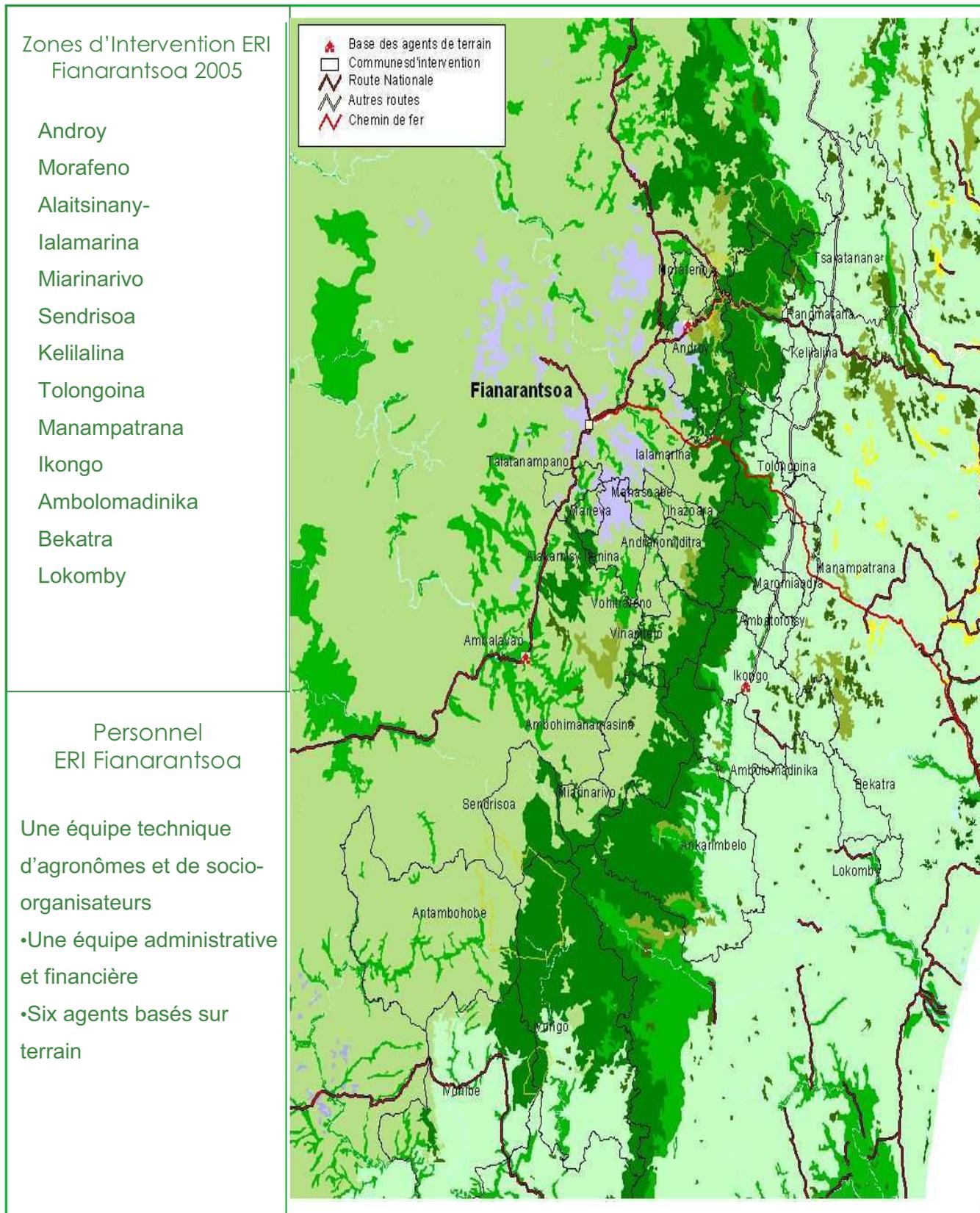
Module 4: Renforcer les Associations rurales promouvant la Gestion Durable des Ressources Naturelles et la Réduction de la Pauvreté

Module 5: Consolider la Communication Environnementale et le Suivi-évaluation

#### **Fonds d'Intervention**

Le programme ERI réalise en partie ses activités par un fonds d'intervention (AIF). Entre autres, AIF intervient dans le soutien des différents partenaires par des appuis techniques et matériels. Les propositions de financement doivent être présentées par écrit, suivant les critères suivants :

1. Être soumis par une organisation communautaire légalement reconnue et enregistrée, une organisation non gouvernementale (ONG), un service étatique, commune ou région, une entreprise privée ou d'autres organisations locales. Les contrats ne peuvent être octroyés aux agences gouvernementales du pays hôte.
2. Se cadrer dans un des objectifs du fonds d'intervention ou dans le plan de travail de ERI.
3. Être accompagné d'un protocole d'accord ou d'un mémorandum d'entente entre ERI et l'organisation partenaire qui reçoit les biens ou les services.
4. Démontrer un apport bénéficiaire si approprié, d'au moins 10% en main d'oeuvre, en services ou monétaire. De telles contributions devraient être notées dans le protocole d'accord.
5. Montrer une capacité de mise en oeuvre des activités proposées.



## **Annexe II : Classification *Tanala* sur la Géomorphologie**

Les paysans *Tanala* ont leur façon de comprendre, de décrire et d'expliquer leur milieu en terme de pente et sa position topographique.

(\*\*) ***Harenana*** : C'est une zone plus ou moins plane ou « replat », qui a une pente nulle ou faible (inférieur à 25%) d'après nos observations.

(\*\*) ***Foringa*** : C'est un terme utilisé pour désigner les versants à pentes moyennes à fortes variant de 25 à 60%. Les *foringa* sont dominants dans tous les différentes unités géomorphologiques du bassin versant. Ils sont moyennement accessibles et toutes les grandes parcelles culturales sur versant s'y concentrent telles le manioc, riz pluvial.

(\*\*) ***Harana*** : C'est une zone à accès difficile voire très difficile. La pente est très forte parce qu'elle peut dépasser de 60%. Les *Harana* peuvent être trouvés fréquemment sur la partie moitié amont des versants des collines en liaison avec les reliefs de dissection.

## **ANNEXE III LA DESCRIPTION DE PROFIL PEDOLOGIQUE**

### **III-1 Examen détaillé du profil pédologique**

Pour examiner le profil, nous avons utilisé deux méthodes :

- observation sur une tranchée déjà existants (tranchée naturelle, voie de chemin de fer)
- Ouverture des fosses pédologiques

#### **Caracteristiques des fosses pédologiques :**

Les fosses pédologiques permettent d'observer toutes les variations du sol dans les trois dimensions. Il y a des fosses pédologiques relativement profond mais dans notre cas, les conditions suivantes sont suffisantes pour connaître les variations et les caractéristiques des différents horizons.

Longueur de la fosse: 1m

Largeur de la fosse : 1m

Profondeur de la fosse : 1m

#### **Méthodes d'observation :**

Les parois d'une fosse sont lissées par l'angady, pour bien connaître les caractéristiques, nous avons utilisées le couteau pour les rafraîchir. Pour l'observation, nous avons deux méthodes :

- Observer le détachement des différents éléments par la pointe de couteau
- Voir le débit de motte de terre

#### **Description des profils pédologiques**

Durant la description du profil pédologique les paramètres suivants sont pris en compte. Nous avons pris comme référence le manuel forestier n°2, examen du profil pédologique (RANDRIAMBOAVONJY, 1997). On peut se diviser en 2 étapes.

1<sup>ère</sup> étape : description des caractéristiques physiques du lieu où on a mis le fosse, qui comprend le nom de l'unité pédomorphologique (relief résiduel, relief de dissection, colline convexe,...), la topographie (sommet, versant, bas de pente), la pente, les types de formation végétale dominante avec sa densité de recouvrement, l'état de surface et les formes ou indicateurs d'érosion (éboulement, érosion en nappe, griffes, ravines, rigoles, dépôts pour l'érosion de ruissellement)

2<sup>ème</sup> étape : La description proprement dite où on observe les détails sur les différentes caractéristiques des horizons. Les principaux paramètres déterminés sont constitués par l'épaisseur, la couleur, la structure, la texture au toucher, la porosité, la cohésion, l'enracinement.

**L'épaisseur** : la différenciation d'un horizon à un autre est donnée par la variation de sa couleur. L'épaisseur de chaque horizon est obtenue tout simplement par la mesure de cette variation à l'aide d'un mètre ruban.

**La couleur :** La détermination de la couleur se fait avec le code Munsell Soil color Chart, lequel contient l'inventaire des couleurs de référence des sols. On compare la couleur de chaque horizon à celui du code. Dans ce code, à chaque couleur correspond une notation Munsell qui comporte 3 paramètres :

- La teinte (*Hue*)
- La pureté (*Value*)
- L'intensité (*Chroma*)

La teinte : la teinte équivaut à la couleur spectrale dominante laquelle par l'initiale du nom anglais de la couleur

**R:** rouge (*red*)    **Y:** jaune (*yellow*)    **G:** vert (*green*)    **B:** bleu (*blue*)    **YR:** jaune-rouge

Pour les couleurs composées, le nombre qui précède les initiales indique l'intensité de la première couleur par rapport à l'ensemble (ex : 7,5YR correspond à 7,5 partie jaune et 2,5 partie rouge)

La pureté : La pureté correspond à la luminosité relative de la couleur en fonction de la quantité totale de la lumière. La notation de la pureté correspond à la proportion de blanc dans le gris ajouté à la couleur de la gamme (ex : la valeur 3 correspond à un gris composé de 7 parties de noir et 3 de blancs).

L'intensité : L'intensité ou saturation des couleurs ayant la même *value* et qui peut varier de 0 (gris neutre) à 14 (couleur saturée).

### **La texture**

La texture correspond à une classification des sols en fonction de la taille des éléments minéraux. La texture du sol est obtenue à partir des analyses granulométriques mais on peut la déterminer et observer sur terrain grâce aux caractéristiques particulières des différentes particules. Les sables se reconnaissent facilement, ils sont visibles à l'œil nu et rugueux au toucher, les limons sont doux ou savonneux au toucher, les sols argileux sont plastiques, essentiellement collants. On peut faire des bâtonnets après humectation qui ne se cassent pas.

### **La structure**

La structure des sols est créée par l'arrangement des particules granulométriques pour constituer des agrégats. Cet arrangement peut être d'origine mécanique, chimique, biologique,... La structure est déterminée par l'observation sur terrain.

### **Porosité**

C'est l'ensemble des espaces qui, dans le sol, sont occupés par l'air et l'eau. Les observations relatives à la porosité portent sur les jugements sur les vides entre les agrégats et également sur les pores. La porosité d'un sol se définit à partir du tableau suivant

Taille des pores	Classe	Nombre des pores/dm <sup>2</sup>	Classe
Inf à 1mm	Très fin	Inf à 1	Très peu poreux
1 à 2mm	Fin	1 à 50	Peu poreux
2 à 5mm	Moyen	50 à 200	Poreux
Sup à 5mm	gros	Sup à 200	Très poreux

### **La cohésion**

La cohésion se définit par l'effort physique qu'il faut dégager pour briser les agrégats. Sa détermination sur terrain relève des tests de consistance des sols à l'état humide. Elle se définit comme suit :

Meuble : le sol est formé de particules susceptibles de se déplacer les unes par rapport aux autres.

Faible : le sol se désagrège sous une très faible pression

Moyenne : le sol se désagrège sous une pression modérée des doigts

Forte : le sol se désagrège sous une forte pression des doigts

**II-2 la description du profil pdologique proprement dit**

<b>Numéro du profil</b>	<b>APB 01</b>		
Nom du lieu	Ampasimbe		
Géomorphologie	Colline disséquée		
Topographie	Bas de pente (Baiboho), en haut il y a glissement de terre « <i>Tany toha</i> »		
Type de sol	Sol peu évolué d'apport		
Végétation, Pente	Aménagé en culture (canne à sucre, cannelle) ;		Pente : 12%
Horizons	Horizon A	Transition	Horizon B
Couleur	Brune	Rouge	Rouge brunâtre
Structure	Grumeleuse à tend polyédrique	Particulière	Polyédrique poreux
Texture	Limono sableuse	limoneuse	Limono sableuse
Porosité	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Cohésion	Très faible	Moyenne	Faible
Epaisseur	26 cm	12cm	A partir de 38 cm
Racines	Abondante	Moyenne	Faible
Autres observations	Riche en micas	Transition brusque	
<b>Numéro du profil</b>	<b>APB 02</b>		
Nom du lieu	Ampasimbe		
Géomorphologie	Colline disséquée		
Type de sol	Sol ferrallitique pénévolué		
Topographie	Versant		
Végétation, Pente	Jachère herbacée, stade <i>hibohibo</i> (Vero, ringotra, tenona)		Pente : 70%
Horizons	Horizon A	Horizon CB	Horizon C
Couleur	Brun rougeâtre foncé	Rouge jaunâtre	Rouge foncé
Structure	Grumeleuse	Polyédrique	Polyédrique
Texture	Sablo argileux	Sablo argileux	Sablo argileux
Porosité	Très poreux	poreux	Moyenne
Cohésion	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Epaisseur	22cm	38 cm	A partir de 60cm
Racines	Abondante	Moyenne	Faible
Autres observations		Transition graduelle Présence des stonelines	Riche en mnx laires
<b>Numéro du profil</b>	<b>APB 03</b>		
Nom du lieu	Ampasimbe		
Géomorphologie	Colline disséquée		
Topographie	Sommet		
Type de sol	Sol ferrallitique typique à structure polyédrique		
Végétation, Pente	Jachère stade <i>Roranga</i> (Ringotra, Radriaka, Ampanga)		; Pente : 25%
Horizons	Horizon A	Transition	Horizon B
Couleur	Brun rougeâtre		Rouge jaunâtre
Structure	Grumeleuse	Polyédrique	Polyédrique fine
Texture	Sablo argileux	Sablo argileux	Sablo argileux
Porosité	Moyenne	Moyenne	Faible
Cohésion	Moyenne	Moyenne	moyenne
Epaisseur	14cm	12 cm	49cm
Racines	Moyenne	Moyenne	Faible
Autres observations	Présence des stonelines	Transition graduelle	

<b>Numéro du profil</b>	<b>HZM 04</b>		
Nom du lieu	Hazomena		
Géomorphologie	Colline convexe		
Topographie	Versant		
Type de sol	Sol ferrallitique rajeuni		
Végétation, pente	herbacée (Vero, tenona, ringotra, voatrotrokala, ampanga) ; Pente : 75%		
Horizons	Horizon A	Horizon BC	Horizon CB
Couleur	Brun rougeâtre	Rouge	Rouge
Structure	Grumeleuse	Polyédrique	Polyédrique
Texture	Sablo argileuse	Argilo limoneux	Argilo limoneux
Porosité	Forte	Moyenne	Faible
Cohésion	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Epaisseur	21cm	49cm	A partir de 70cm
Racines	Moyenne	Moyenne	Peu de racine
Remarques	Il y a des racines mortes des fougères, riche en mica		
<b>Numéro du profil</b>	<b>HZM 05</b>		
Nom du lieu	Hazomena		
Géomorphologie	Colline convexe		
Topographie	Sommet		
Type de sol	Sol ferrallitique a structure polyédrique		
Végétation	herbacée (Ringotra, ahipisaka, tenona), arbres fruitiers (litchi) Pente : 15%		
Horizons	Horizon A	Transition	Horizon B
Couleur	Brun rougeâtre		rouge
Structure	Grumeleuse	Polyédrique	Polyédrique fine
Texture	Sablo argileux	Sablo argileux	Sablo argileux
Porosité	Elevée	Moyenne	Moyenne
Cohésion	Moyenne	Moyenne à forte	Moyenne
Epaisseur	16cm	11cm	44cm
Racines	Très bon enracinement	Moyenne	Faible
Autres observations		Progressif	
<b>Numéro du profil</b>	<b>MTJ 06</b>		
Nom du lieu	Mahatsinjo		
Géomorphologie	Colline disséquée		
Topographie	Versant, en haut il y a glissement de terre		
Type de sol	Sol ferrallitique pénévolué		
Végétation, pente	Jachère stade <i>hibohibo</i> (Tenona, Vero, Dingana) Pente : 60%		
Horizons	Horizon A	Horizon CB	Horizon C
Couleur	Rouge brunâtre	Rouge	Rouge violacé
Structure	Bien grumeleuse	continue	Polyédrique
Texture	Limono sableux	Limono sableux à limoneux	Limono argileuse
Porosité	Elevée	Poreux	Moyenne
Cohésion	Faible et meuble	Meuble	Faible
Epaisseur	20cm	30cm	A partir de 50cm
Racines	Beaucoup	Moyen	Faibles
Remarques			

Numéro du profil	MTJ 07		
Nom du lieu	Mahatsinjo		
Géomorphologie	Relief résiduel		
Topographie	Sommet		
Type de sol	Sol ferrallitique peu évolué		
Végétation	Jachère stade <i>Tovohindy</i> (Vero, tenona)		Pente : 25%
Horizons	Horizon A	Horizon C	
Couleur	Noir grisâtre	Brun jaunâtre	
Structure	Grumeleuse à tendance Polyédrique à la base	Continue à tendance part	
Texture	Limono sableuse	Sablo argileux	
Porosité	Poreux	Poreux	
Cohésion	Moyenne	Faible	
Epaisseur	26cm	A partir de 26cm	
Racines	Beaucoup	Faible	
Remarques		Il y a des éléments grossiers	
Numéro du profil	MTJ 08		
Nom du lieu	Mahatsinjo		
Géomorphologie	Relief résiduel		
Topographie	Versant		
Type de sol	Sol ferrallitique pénévolué		
Végétation	<i>Savoka</i> (Ambora, Harina, Harongana, voatrotrokala, voantsilana), Pente : 45%		
Horizons	Horizon A	Horizon CB	Horizon C
Couleur	Brune	Jaune rougeatre	Rouge
Structure	grumeleuse	Continue à éclat à tend polyédrique	Polyédrique à la base
Texture	Limono sableux	Limono sableuse à limoneux	Limono argileux
Porosité	Bien poreux	Moyenne	Moyenne
Cohésion	Faible	Faible	Fable
Epaisseur	28cm	22cm	A partir de 50cm
Racines	Abondants	Abondants	
Remarques		Très riche en mica	
Numéro du profil	AMJ 09		
Nom du lieu	Akaramanja		
Géomorphologie	Relief de dissection		
Topographie	Sommet		
Type de sol	Sol ferrallitique typique a structure polyédrique		
Végétation, Pente	Jachère herbacée stade <i>hibohibo</i> (vero, tenona, ampanga), Pente : 25%		
Horizons	Horizon A	Horizon B/BC	Horizon BC
Couleur	Brun rougeâtre		Rouge
Structure	Grumeleuse	Polyédrique	Polyédrique
Texture	Sablo limoneux	Sablo argileux	Sablo argileux
Porosité	Poreux	Moyenne	Faible
Cohésion	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Epaisseur	19 cm	17 cm	A partir de 36 cm
Racines	Riche en racines	Moyenne	Faible
Remarques		Transition progressive	

Numéro du profil	ATM 10		
Nom du lieu	Antanimarina		
Géomorphologie	Colline convexe		
Topographie	Bas de pente		
Type de sol	Sol ferrallitique humifère		
Végétation ; Pente	Jachère herbacée stade <i>Tovohindy</i> (Vero, tenona, Ampanga) ; Pente : 20%		
Horizons	Horizon A1	Horizon A2	Horizon B
Couleur	Brune	Brun clair	Rouge
Structure	Grumeleuse	Polyédrique, 2 <sup>nd</sup> grumeleux	Polyédrique
Texture	Sablo limoneux	Limono sableux	Argilo limoneux
Porosité	Elevée	Elevée	Moyenne
Cohésion	Faible	Faible	Moyenne
Epaisseur	20cm	50cm	A partir de 70cm
Racines	Très abondantes	Abondantes	Faible
Remarques			
Numéro du profil	MGR 11		
Nom du lieu	Mangarivotra		
Géomorphologie	Terrasse ancienne		
Topographie	Sommet		
Type de sol	Sol ferrallitique remanié		
Végétation, Pente	Herbacée (Ahipisaka, tenona), Arbres fruitiers (cannelle, litchi) ; Pente : 10%		
Horizons	Horizon A	Transition	Horizon B
Couleur	Blanc grisâtre		Jaune
Structure	Sableuse particulière	Argilo sableux à tend polyéd	Polyédrique
Texture	Sableuse	Sableuse	Argilo limoneux
Porosité	Faible	Moyenne	Poreux
Cohésion	Très faible	Faible	Moyenne
Epaisseur	22cm	14cm	A partir de 36cm
Racines	Bon enracinement	Moyenne	Faible
Remarques	Présence des stoneslines , des quartzites à la surface	Transition brusque	
Numéro du profil	TNB 12		
Nom du lieu	Tanambe		
Géomorphologie	Terrasse ancienne		
Topographie	Versant		
Type de sol	Sol ferrallitique rouge		
Végétation	Quelques herbacées (voatrotkala, longoza), Caféier ; Pente : 15%		
Horizons	Horizon A	Transition	Horizon B
Couleur	Brune	Brun clair	Rouge orangé
Structure	Grum, continue à la base	Continue	Continue
Texture	Sablo limoneux	Sablo argileux	Sablo argileux
Porosité	Poreux	Poreux	Très poreux
Cohésion	Moyenne à faible	Moyenne	Moyenne
Epaisseur	40cm	13cm	
Racines	Abondante	Peu des racines	Absence
Remarques		Transition brusque	Quelques taches brunes

## **Annexe IV : PROTOCOLE D'ANALYSES EFFECTUEES AU LABORATOIRE**

### **I- Préparation d'échantillon de sols**

#### **Procédure**

Verser et étaler le sol sur une feuille de papier portant la référence.

Glisser le sac d'origine sous l'échantillon afin de ne pas le séparer de ce dernier.

Deux ou trois fois par jour, écraser à la main les mottes de terre afin de favoriser le séchage. L'échantillon est sec lorsqu'il s'effrite entre les doigts sans coller.

Faire passer à travers un tamis de 2mm d'ouverture. Après chaque opération de tamisage, verser le refus sur une feuille de papier. Si celui-ci contient de la terre agglomérée, la mettre dans un mortier en porcelaine, et à l'aide d'un pilon, écraser les petites mottes de terre sans taper ni appuyer trop fort.

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

Broyer ensuite 10g de ce même échantillon et faire passer à travers un tamis de 0.5mm d'ouverture. Le conserver dans un sachet plastique portant la référence. Cette échantillon est réservée pour les analyses suivantes : Mesure de pH, Phosphore assimilable, Granulométrie, Bases échangeables et Capacité d'échange cationiques, Carbone organique, et Azote Kjeldahl.

### **II- Mesure de pH**

#### **Principe**

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

#### **Appareillage et réactifs**

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

#### **Mode opératoire**

Peser 25g 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.

### III- 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.

#### 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.
- $\text{SnCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$  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 standard 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 P assimilable de l'échantillon de sol.

## IV- Granulométrie

### Principe

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

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

$r$  : rayon des particules supposées sphériques  
 $D_s$  et  $D_l$  : densités du solide et du liquide  
 $n$  : viscosité du liquide

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

La quantité des particules restantes dans l'eau est mesurée à l'aide d'un densimètre de Bouyoucos.

### Matériels et réactifs

- Mixeur
- Cylindre jaugé de 1l
- Densimètre de Bouyoucos gradué en /l.
- Thermomètre
- Hexamétaphosphate de sodium 5% : 5 l par échantillon.
- Alcool amylique.
- Chronomètre.

[Rapport-gratuit.com](http://Rapport-gratuit.com)   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

### Procédure

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

Ajouter 50 ml d'hexamétaphosphate de sodium et 100 ml d'eau distillée.

Bien mélanger et laisser au repos pendant une nuit.

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

Transvaser dans un cylindre de 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 faire 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 :  $L_{B40}$  la lecture après 40s de blanc.

$L_{B2h}$  la lecture après 2 heures de blanc.

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

$L_{2h}$  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  $^{\circ}C$

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

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

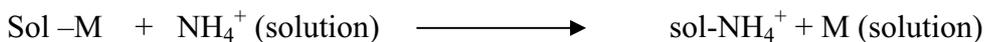
% limon =  $100 - (\% \text{ sable} + \% \text{ argile})$

## V- Bases échangeables et capacité d'échange cationique

### Principe

#### Extraction et détermination des bases échangeables

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



M : cation basique échangeable

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

#### Détermination de la capacité d'échange cationique

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

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

### Réactifs

- Acétates d'ammonium  $CH_3COONH_4$  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<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 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.

Tournoyer et laisser reposer pendant 1 heure ou plus.

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

Récupérer le filtrat dans une fiole jaugée de 100 ml.

Bien rincer plusieurs fois le contenu de l'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.

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 :

V<sub>a</sub> le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'échantillon

N sa normalité

V<sub>o</sub> 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 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 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 :

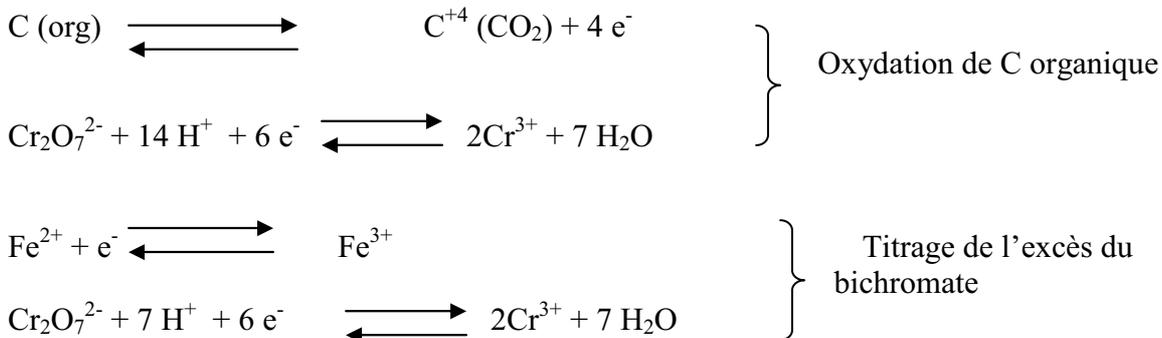
$10 \times N \times V \times 100/10 = 100 \times N \times V$

Comme N= 0.01 N, alors : **CEC = V méq/100 g**

## VI- 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 :

$M.O\% = \text{carbone \%} \times 1.72$

## VII- 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 fiole jaugée 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 5 ml de la solution d'acide borique. Effectuer le dosage avec la solution d'acide sulfurique.

Un témoin est préparé dans les mêmes conditions.

**Expression des résultats :**

Soient :

V<sub>a</sub> le volume de la solution d'acide sulfurique versé pour l'échantillon

N sa normalité

V<sub>o</sub> 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 :  $(N \times V \times 50 / 10) \times 14 \times 10^{-3}$  g

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

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

Comme  $N = 0.01$  N, alors :

**$N\% = V \times 0.07$**

### Annexe V : RESULTATS D'ANALYSE CHIMIQUE DES SOLS

Sigle	C(%)	N(%)	C/N	P(Brayl)ppm	pHeau	Ca mé/100g	Mg mé/100g	K mé/100g	Na mé/100g
Sol ferr a structure polyedrique(sommet) de colline convexe, horizonA	2,05	0,161	12,7	2	4,25	0,35	0,2	0,49	0,91
Sol ferr penévolué (versant) de colline et croupe dissequée, horizon A	3,39	0,196	17,3	2,7	4,7	1,18	1,07	1,14	2,65
Sol ferr rajeuni (versant) de relief de dissection, HorizonA	3,07	0,152	20,2	1,75	4,59	1,97	0,79	0,56	0,72
Sol peu évolué d'apport (bas de pente), HorizonA	1,04	0,092	11,3	2,2	4,52	0,24	0,19	0,34	0,45
Sol hydromorphe (Bas fonds), Horizon A	2,25	0,14	16,1	0,45	4,65	0,35	0,25	0,74	1,54
Sol a mineraux brut (sableux) de terrasse	1,58	0,07	22,6	2,15	4,45	0,43	0,14	0,7	1,78
Sol ferr a structure polyedrique(sommet) de colline convexe, horizonB	1,04	0,084	12,4	1,72	4,02	0,02	0,07	0,28	0,45
Sol ferr penévolué (versant) de colline et croupe dissequée, horizonB	0,92	0,056	16,4	1,9	4,18	0,46	0,5	0,35	0,72
Sol ferr rajeuni(versant) de relief de dissection, horizonB	0,87	0,07	12,4	3,25	4,8	1,05	0,61	1,44	0,94

Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	CEC	P‰	N‰	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	(Ca+Mg+K)	
Sol ferr a structure polyedrique(sommet) de colline convexe, horizonA	35	10	55	3,9	0,002	0,016	1,750	0,408	1,122	1,040
Sol ferr penévolué (versant) de colline et croupe dissequée, horizon A	21	28	51	9	0,003	0,019	1,103	0,939	1,974	3,390
Sol ferr rajeuni (versant) de relief de dissection, HorizonA	23	22	55	7,4	0,002	0,015	2,494	1,411	4,929	3,320
Sol peu évolué d'apport(bas de pente), HorizonA	12	36	53	7,3	0,002	0,009	1,263	0,559	1,265	0,770
Sol hydromorphe (Bas fonds), Horizon A	13	12	75	4,9	0,000	0,014	1,400	0,338	0,811	1,340
Sol a mineraux brut (sableux) de terrasse	5	4	91	2,7	0,002	0,007	3,036	0,200	0,807	1,265
Sol ferr a structure polyedrique(sommet) de colline convexe, horizonB	45	10	45	4,5	0,002	0,008	0,286	0,250	0,321	0,370
Sol ferr penévolué (versant) de colline et croupe dissequée, horizonB	23	30	47	4,1	0,002	0,006	0,920	1,429	2,743	1,310
Sol ferr rajeuni(versant) de relief de dissection, horizonB	23	24	53	3,5	0,003	0,007	1,721	0,424	1,153	3,100

## ANNEXE VI : NORME D'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES CHIMIQUE DES SOLS

### En ‰ de la terre tamisée à 2mm

	très pauvres	pauvres	moyen	riche	Très riche
Phosphore assimilable (BrayII)	0 à 0,03	0,03 à 0,05	0,05 à 0,1	0,1 à 0,3	Sup à 0,3
Azote total (kjeldhal)	Inf à 0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	1,5 à 2,5	Sup à 2,5

### En meq pour 100g de terre tamisée à 2mm

	très pauvres	pauvres	moyen	riche	Très riche
<b>Bases échangeables</b>					
Ca (meq/100g)	Inf à 0,30	0,30 à 0,65	0,65 à 1	1 à 2	Sup à 2
Mg (meq/100g)	Inf à 0,08	0,08 à 20	0,20 à 0,30	0,30 à 0,60	Sup à 0,60
K (meq/100g)	Inf à 0,05	0,05 à 0,10	0,10 à 0,20	0,20 à 0,40	Sup à 0,40
	Très faibles	Faible	Moyenne	Forte	Très fortes
Somme des bases (Ca+Mg+K) (meq/100g)	Inf à 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	Sup à 15
<b>Capacités d'échanges</b>					
	Très faibles	Faible	Moyenne	Forte	Très fortes
Cap d'échange (me/100g)	Inf à 5	5 à 10	10 à 25	25 à 40	Sup à 40
<b>Les rapports</b>					
	Insuffisant		Normal	Trop fort	
Ca/ Mg	Inf à 1		1 à 25	Sup à 25	
Mg/K	Inf à 2		2 à 20	Sup à 20	
(Ca+Mg)/K	Inf à 15		15 à 40	Sup à 40	
C/N	Inf à 10		10 à 20	Sup à 20	
<b>Acidité actuelle</b>					
	Extrêmement acide	Très fortement acide	Fortement acide	Moyennement acide	
pH	Inf à 4,5	4,5 à 5,0	5,1 à 5,5	5,6 à 6,0	

## **SEUIL DE CARENCE ET DEFICIENCE**

On appelle seuil de carence pour un élément chimique du sol une teneur dans le sol tel que en dessous la plante cultivée ne produit plus que des récoltes insignifiantes et, en outre, présentent souvent des accidents végétatifs (maladie).

### **Pour le calcium échangeable Ca :**

Il est assez difficile de définir ces deux seuils, les plantes ayant en général des besoins très faible en calcium. Toutefois le calcium conditionnant au premier chef d'importantes propriétés des sols. On considère en première approximation qu'au dessous de 0,5 méq/100g de Ca échangeable, la réussite de plupart des cultures est aléatoire tandis que un niveau convenable se situe à partir de 2 à 3 méq/100g. pour les arachides, On a pu situer un seuil de déficience de 1 méq/100g.

### **Pour le magnésium échangeable Mg**

Le seuil de carence s'échelonne de 0,10 à 0,17 méq/100g et le seuil de déficience de 0,25 à 0,35 méq/100g. Cette variable paraît souvent fonction des teneurs du sol en argile et limon, un sol riche en éléments fins étant plus exigeant qu'un sol sableux.

### **Pour le potassium échangeable K**

On a l'habitude de fixer le seuil de carence à 0,09 à 0,10 méq/100g. Ce chiffre est surtout valable pour les terres « franches ». En sol sableux, il paraît descendre jusqu'à 0,05 à 0,06 méq/100g tandis qu'en sol très argileux, il paraît préférable de le situer vers 0,20 méq/100g. Quand au seuil de déficience, il varie de 0,15 méq/100g de sol en fonction de type des sols, de la plante cultivée.

### **Pour le phosphore assimilable (Bray II)**

On situe assez souvent le seuil de déficience vers 30ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

*Source* : Mémento de l'agronome 4<sup>ème</sup> édition. République Française (1991)  
Les analyses courantes des sols (manuel forestier n°8)

## **Annexe VII: FICHES D'ENQUETES EFFECTUEES AU SEIN DU PAYSAN DE BASSIN VERSANT MANAPATRANA**

FICHE D'ENQUETE DE MENAGE :

### **0-Identification**

Numéro de fiche :.....Nom de l'enquêteur :.....

Nom et prénom du chef du ménage :.....

Commune :..... Village :.....Hameau :.....

### **Structure du ménage**

1-1 Ethnie :.....1-2 Origine :.....

1-3 Combien de personnes vivent en permanences sous le toit ?.....Homme.....Femme 1-4  
Ages.....

1-5 Niveau d'éducation : Primaire /... / Secondaire /... / Illettré /... / Autre /... /

Combien de scolarisés ?.....Combien travail sur l'exploitation (y compris vous même) ?

Combien travaille sur leur propre champs ?.....

### **Capital foncier**

2-1 Quel est le mode d'accès à la terre ? (Domaniale, par lignage, par achat)

2-2 Combien de terre cultivable avez-vous ?.....

2-3 Toutes les terres cultivées vous appartiennent –elles ? Oui /... / Non /... /

Si non, indiquez la nature et le terme de contrat :.....

### **Emploi de la main d'œuvre**

3-1 Faites vous aider par l'entraide ? Oui /... / Non /... /

Si oui pour quels travaux agricoles ?.....

3-2 Employez vous de la main d'œuvre salariée ? Oui /... / Non /... /

Si oui, combien avez vous payé ?.....

Pour quels travaux agricoles ?.....

### **IV- Outils agricoles**

4-1 Indiquez le nombre de ces outils si vous les utilisez.

Nombre des bêche :.....Nombre de machette :.....Nombre de faucille :...Nombre de  
charrue :.....Nombre de hache :...Nombre de zébus de trait :... Autres :.....

4-2 Empruntez-vous des outils agricoles ? Oui /... / Non /... /

Si oui, lesquels ?.....

Quelles sont les conditions d'emprunt ?.....

4-3 Louez –vous des outils agricoles ? Oui /... / Non /... /

Si oui, lesquels ?.....

Quel est le coup de location de chaque outil ?.....

### **V- Pratiques culturelles**

5-1 Quels sont les types des cultures pratiqués ? Le plus adoptés par les communautés ?...

5-2 Quelles sont les techniques de culture par spéculation ?.....

5-3 Pratiquez vous du « tavy » ? Si oui, quels sont le type et le mode de défrichement ?...  
période de défrichement ?..... matériels utilisés durant les défrichements.....

- Selon vous, quels sont les inconvénients et les avantages de cette pratique ?.....
- 5-4 Quel est le calendrier pour chaque culture annuelle ?.....
- 5-5 Pratiquez vous la jachère ? Oui /.../ Non /.../  
 Si non, pourquoi ?.....
- Si oui quelle est la durée de la jachère ? sur bas fonds.....sur tanety .....
- 5-6 Combien de temps cultivez –vous une parcelle de tanety avant de la laisser au repos ?.....
- 5-7 Indiquez comment se succèdent les cultures sur la parcelle du tanety ?.....

## VI- Emploi intrants

- 6-1 Achetez vous des semences ? lesquelles.....
- 6-2 Utilisez vous de l'engrais chimique ? Oui /.../ Non /.../  
 Si oui pour quelle(s) culture(s) ?.....
- Quantité NPK..... Quantité urée.....  
 Provenance NPK..... Provenance urée.....  
 Prix NPK..... Prix urée.....
- Si non,  
 pourquoi ?.....
- Utilisez vous du fumier ? Oui /.../ Non /.../  
 Si oui, pour quelle(s) culture(s) ?..... ;  
 Quantité..... Provenance.....
- Si non pourquoi ? .....
- 6-4 Vos cultures sont elles attaquées par des maladies ? Oui /.../ Non /.../  
 Si oui, quelles cultures ?.....  
 Et quelle(s) maladies ?.....

## VII- Elevage

- 7-1 Combien d'animaux avez vous dans le ménage ?  
 Zébus :..... Porcins :..... Volaille :.....
- 7-2 Classez par ordre d'importance les sources d'alimentation de bovin :  
 Paille de riz /.../ Pâturage sur colline /.../ Pâturage sur post-récolte /.../ Manioc /.../  
 Déchets domestiques /.../ Autres /.../ (préciser) .....

## VIII- Destination de la production

- 8-1 Vendez vous des produits ? Oui /.../ Non /.../  
 Si oui, indiquez le(s) lieu(x) de vente.....  
 Si c'est au marché, combien de temps mettez vous pour y arriver ?.....

Désignation	Quantité produite	Quantité vendue
Riz irrigué		
Riz pluvial		
Café		
Manioc		
Banane		
Ananas		
Canne à sucre		

8-2 Classez les principales sources de revenu par ordre d'importance  
Riz /.... / Café /.... / Manioc /.... / Banane /.... / Ananas /... /  
Canne à sucre /.... / Autres (préciser).....

### IX- Financement

9-1 Empruntez-vous de l'argent ? Oui /.../ Non /.../  
Si oui, chez qui ?.....  
Et pour quoi faire% ?.....  
Quelles sont les conditions d'emprunts ?.....

### X- Les acteurs extérieurs

10-1 Quelles sont les organisations que vous connaissez ?.....  
10-2 Quelles sont celles qui interviennent le plus dans le village,.....  
10-3 Que font-elles ?.....  
10-4 Quelles activités appréciez-vous plus ?.....  
10-5 Etes-vous membre de l'association Akaramanja-Mahatsinjo ? Oui /.../ Non /..../  
Si oui, que pensez vous de l'association? .....  
Si non pourquoi n'êtes vous pas membre ?.....  
Dans quel domaine souhaitez-vous de l'aide ?.....

### XI- Utilisation des produits forestiers

11-1 Quel(s) service(s) la forêt vous rend-t-elles ?.....  
11-2 Où prenez-vous les produits suivants : Bois de chauffe.....Charbon.....  
Bois de construction.....Manche de bêche.....Plantes médicinales .....  
11-3 Quel(s) produit(s) prenez vous plus dans la forêt ?.....  
11-4 avez vous accès au périmètre de culture ?.....  
Si non, pourquoi ?.....

### XII- Contraintes de production

12-1 Classez dans l'ordre d'importance les difficultés rencontrées dans la production agricole ?.....  
12-2 A chaque difficulté, quels sont les moyens utilisés pour y faire face ?.....  
12-3 Quels sont les changements importants notés depuis que vous êtes agriculteur ?.....

FICHE D'ENQUETE SUR LA PARCELLE:

<b>A- Identification de la parcelle</b>			
Parcelle N°			
Propriétaire			
Exploitant actuel			
Occupation actuelle		Jachère ou culture	
<b>B- Localisation et caractéristique de la parcelle</b>			
Nom du lieu			
Unité géomorphologique			
Modelé (terme paysan)			
Position topographique			
Pente			
Surface approximative			
<b>1- Culture</b>			
<b>a- Dimensions de la parcelle de culture</b>			
Surface approximative			
Pourcentage (%)			
<b>b- Caractéristiques selon les paysans</b>			
Année de la première défriche			
Classification de la parcelle % à la pente			
Type des sols			
Végétations			
Couleurs			
Fertilité			
Indicateurs			
Bon pour le riz			
Bon pour le manioc			
Bon pour la banane et caféier			
Bon pour les cannes à sucres			
Evolution de la fertilité			
Raisons de cette évolution			
Les érosions observés			
Les causes des érosions			
Classification des érosions par les paysans			
Impacts sur les sols			
<b>2- jachère</b>			
<b>a- Dimensions de la parcelle de jachère</b>			
Surface approximative			
Pourcentage (%)			
<b>b- Caractéristiques de la parcelle selon les paysans</b>			
Age de la jachère			
Nom de la jachère			
Végétations		Espèces dominantes	Types biologiques
			Strates

### Annexe VIII: Répartition par classe d'âge de la population du bassin versant

Ménages	Hommes													Femmes												
	Classes d'âges : [x, y]= x à y ans													Classes d'âges: [x, y]= x à y ans												
	[0,5]	[6,11]	[12,17]	[18,23]	[23,30]	[30,45]	[45,60]	+60	[0,5]	[6,11]	[12,17]	[18,23]	[23,30]	[30,45]	[45,60]	+60										
M1	2	1	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0										
M2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0	1	0										
M3	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0										
M4	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0										
M5	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0										
M6	0	2	2	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0										
M7	2	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	1	0										
M8	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0										
M9	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0										
M10	0	1	1	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0										
M11	5	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	2	0	1	0										
M12	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0										
M13	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	1	1	0	2	0	0										
M14	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0										
M15	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0										
M16	2	1	1	3	0	2	0	0	0	2	1	0	0	4	1	0										
M17	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0										
M18	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0										
M19	1	1	1	0	2	2	1	0	1	2	1	0	1	0	1	0										
M20	1	1	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1										
M21	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1										
TOTAL	15	14	17	13	10	15	9	3	10	15	10	9	9	15	7	3										
TOTAL	HOMME= 96													FEMME= 78												
TOTAL POPULATION	174																									

## Annexe IX : Quelques espèces forestières recensées à Manapatrana

Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Familles
Amboarabe	<i>Ehippiandra madagascariensis</i>	MONIMIACEAE
Amboaravoloïna	<i>Tambourissa thouvenotii</i>	MONIMIACEAE
Antafana	<i>Terminalia sp</i>	COMBRETACEAE
Arina	<i>Bridelia tulasneana</i>	EUPHORBIACEAE
Bararaka	<i>Gaertnera macrostipulata</i>	RUBIACEAE
Dingana	<i>Allophylus macrocarpa</i>	SAPINDACEAE
Dindemy	<i>Anthocleista sp</i>	LOGANIACEAE
Fahavalonkazo	<i>Zanthoxylon madagascariensis</i>	RUTACEAE
Fandravasarotra	<i>Allophylus bojerianus</i>	SAPINDACEAE
Fanola	<i>Asteropeia micraster</i>	THEACEAE
Fandrana	<i>Pandarus pulcher</i>	PANDANACEAE
Gavoala	<i>Eugenia sp</i>	MYRTACEAE
Haforano	<i>Oncostemon elephantipes</i>	MYRSINACEAE
Hafopoza	<i>Grewia sp</i>	TILIACEAE
Hafotra	<i>Dombeya somanga</i>	STERCULIACEAE
Harambato	<i>Deimbollia sp</i>	SAPINDACEAE
Hararano	<i>Ficus polyplebia</i>	MORACEAE
Harongana	<i>Harungana madagascariensis</i>	GUTTIFERAE
Hazomainty	<i>Diospyros pervillei</i>	EBENACEAE
Hazomamy	<i>Canthium sp</i>	RUBIACEAE
Hazombato	<i>Plagioscyphus sp</i>	SAPINDACEAE
Hazombato boriravina	<i>Noronhia sp</i>	OLEACEAE
Hazombato lavaravina	<i>Pseudopteris sp</i>	SAPINDACEAE
Kimba	<i>Symphonia sp</i>	CLUSIACEAE
Kimbaletaka	<i>Mammea sessiliflora</i>	CLUSIACEAE
kivozo	<i>Ficus polytoria</i>	MORACEAE
Kotolahy	<i>Cabucala erythrocarpa</i>	APOLYNACEAE
Lalomaka	<i>Weinmannia decora</i>	CUNONIACEAE
Lalona	<i>Weinmannia rutenbergii</i>	CUNONIACEAE

Longotramena	<i>Cryptocaria louvelii</i>	LAURACEAE
Mafaikaty	<i>Oncostemon botrioides</i>	CUNONIACEAE
Malambovony	<i>Erythroxylon exceslum</i>	ERYTHROXYLACEAE
Mamoaravina	<i>Tabernaemontana sp</i>	APOCYNACEAE
Marankoditra	<i>Homalium scleroxylon</i>	FLACOURTIACEAE
Maroandrano	<i>Drypetes madagascariensis</i>	EUPHORBIACEAE
Menahihy	<i>Erythroxylon corymosum</i>	ERYTHROXYLACEAE
Natojabo	<i>Rheedia madagascariensis</i>	CLUSIACEAE
Ramandriona	<i>Dilobeia thouarsi</i>	PROTEACEAE
Ramy	<i>Canarium madagascariensis</i>	BURSERACEAE
Ravinala	<i>Ravenala madagascariensis</i>	STRELITZIACEAE
Rehiaka	<i>Chrysophyllum boivinianum</i>	SAPOTACEAE
Retsara	<i>Leptaulus citroides</i>	ICACINACEAE
Robary	<i>Syzygium sp</i>	MYRTACEAE
Sandramy	<i>Protorhus ditimemna</i>	ANACARDIACEAE
Sandramy lavaravina	<i>Protorhus grandidiera</i>	ANACARDIACEAE
Sanira	<i>Macphersonia gracilis</i>	SAPINDACEAE
Tambonaika	<i>Tambourissa sp</i>	MONIMIACEAE
Tamenaka	<i>Hirtella tamenaka</i>	CHRYSOBALANACEAE
Tanatanampotsy	<i>Tisonia coriacea</i>	
Tavolo	<i>Beilschmiedia sp</i>	LAURACEAE
Valotra	<i>Breonia sp</i>	RUBIACEAE
Vanana	<i>Sloanea rhodanta</i>	ELAEOCARPACEAE
Velonarina	<i>Polyscias bakeriana</i>	ARALIACEAE
Varongy	<i>Ocotea trichophlebia</i>	LAURACEAE
Voamboana	<i>Dalbergia monticola</i>	FABACEAE
Voankazotoho	<i>Oncostemon umbellatum</i>	MYRSINACEAE
Voantsilana	<i>Polyscias ornifolia</i>	ARALIACEAE

**ANNEXE X :**

**Liste des essences forestières convenant à Manapatrana pour la reforestation, le reboisement, l'afforestation, l'enrichissement.**

Essence	Famille	Utilisation
<i>Aghatis dammara</i>	ARAUCACEAE	Reforestation
<i>Albizzia falcatara</i>	MIMOSACEAE	Afforestation
<i>Albizzia gummifera</i>	MIMOSACEAE	Afforestation
<i>Araucaria cunninghamii</i>	ARAUCACEAE	Reforestation
<i>Calliandra calothyrsus</i>	MIMOSACEAE	Afforestation
<i>Canarium madagascariensis</i>	BURCERACEAE	Reforestation, Enrichissement
<i>Cedrela odorata</i>	MELIACEAE	Reforestation
<i>Cordia alliodora</i>	BORRAGACEAE	Reforestation, Afforestation
<i>Dalbergia baroni</i>	PAPILIONACEAE	Enrichissement
<i>Eucalyptus deglupta</i>	MYRTACEAE	Afforestation
<i>Flemingia macrophylla</i>	PAPILIONACEAE	Afforestation
<i>Gliricidia sepium</i>	PAPILINACEAE	Afforestation
<i>Grevillea banksii</i>	PROTEACEAE	Afforestation
<i>Harungana madagascariensis</i>	GUTTIFERACEAE	Afforestation
<i>Leucaena leucecophala (Salv)</i>	MIMOSACEAE	Afforestation
<i>Maesopsis eminii</i>	RHAMNACEAE	Afforestation
« Nato » div.essences		Enrichissement
<i>Ocotea spp</i>	LAURACEAE	Enrichissement
<i>Pinus caribaea var.hond</i>	PINACEAE	Reforestation, Afforestation
<i>Stephanostegia sp</i>	APOCYNACEAE	Enrichissement
<i>Swietenia macrophylla</i>	MELIACEAE	Reforestation, Enrichissement
<i>Toona ciliata</i>	MELIACEAE	Reforestation, Enrichissement
<i>Trema spp</i>	ULMACACEAE	Afforestation
<i>Uapaca spp</i>	UAPACACEAE	Enrichissement

Source : - BLASER, RAKOTOMANANA, 1990, Zone de reboisement à Madagascar.

Proposition d'une classification et du choix des essences.

- Revu Akon'ny Ala , n° 05, pp 05-09