

FIFANANDOR

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA  
*Tanindrazana - Fahafahana - Fahamarinana*



MINISTÈRE DE LA RECHERCHE APPLIQUÉE AU DÉVELOPPEMENT

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE APPLIQUÉE AU DÉVELOPPEMENT RURAL

## AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

### ATELIER NATIONAL

*«REUNIR NOS COMPETENCES POUR UNE GESTION DURABLE DES RESSOURCES  
NATURELLES SUR LES HAUTES TERRES DE MADAGASCAR»*

### Bilan des Recherches et des Actions

SUR

L'EROSION DES SOLS  
LA FERTILITE DES SOLS DE BAS-FONDS  
LA FERTILITE DES SOLS DE TANETY  
LA PRODUCTION DE FOURRAGES  
LA PRODUCTION DE BOIS  
LES ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES

*Décembre 1995*

## Introduction

L'African Highland Initiative (AHI) offre aux pays participants un **cadre de collaboration** entre les différents groupes intervenant dans la gestion des ressources naturelles. L'Atelier que nous tenons est le démarrage de cette collaboration puisque nous représentons ici :

- Les Développeurs - Vulgarisateurs ;
- Les Développeurs - Chercheurs ;
- Les Développeurs - Scientifiques ;
- Les Développeurs - Décideurs.

Nous aurions aimé aussi avoir parmi nous le cinquième groupe, de loin le plus important mais qui, pour des raisons d'organisation, n'a pas pu être contacté. Ce sont les **Développeurs - Agriculteurs**.

Les ressources naturelles représentent pour nous tous la base de toutes les activités de production agricole. En quelque sorte, c'est ce que traduit l'adage : " Ny hazo no vanon-ko lakana, ny tany naniriany no tsara" . Cependant, la notion de "ressources naturelles" doit être introduite progressivement dans la mentalité et les réflexes de tout un chacun, y compris les paysans.

Au début de cet atelier, nous voulons introduire ce réflexe en proposant une traduction du terme "ressources naturelles" en langue malgache :

### ZAVABOARY FOTO-PIHARIANA

Nos activités de production ne sont autres que des actes visant à transformer les "ressources naturelles" (non consommables directement) en nourritures et en valeurs commercialisables (biens de consommation). La traduction proposée cherche à poser cette base existentielle de l'humanité.

Les différentes ressources auront ainsi des significations précises :

Ressources naturelles	:	Zavaboary foto-pihariana
Ressources en sols	:	Tany foto-pihariana
Ressources en eau	:	Rano foto-pihariana
Ressources végétales	:	Zavamaniry foto-pihariana
Ressources animales	:	Biby foto-pihariana
Ressources minières	:	Vato foto-pihariana

Il reste à réellement transformer durablement ces ressources en véritables richesses pour le bien de la nation et de chaque individu.

Jean Louis Rakotomanana

# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

**DIAGNOSTIC**

**DES RESSOURCES NATURELLES**

**SUR LES HAUTES TERRES DE MADAGASCAR**

Texte de Jean Louis RAKOTOMANANA

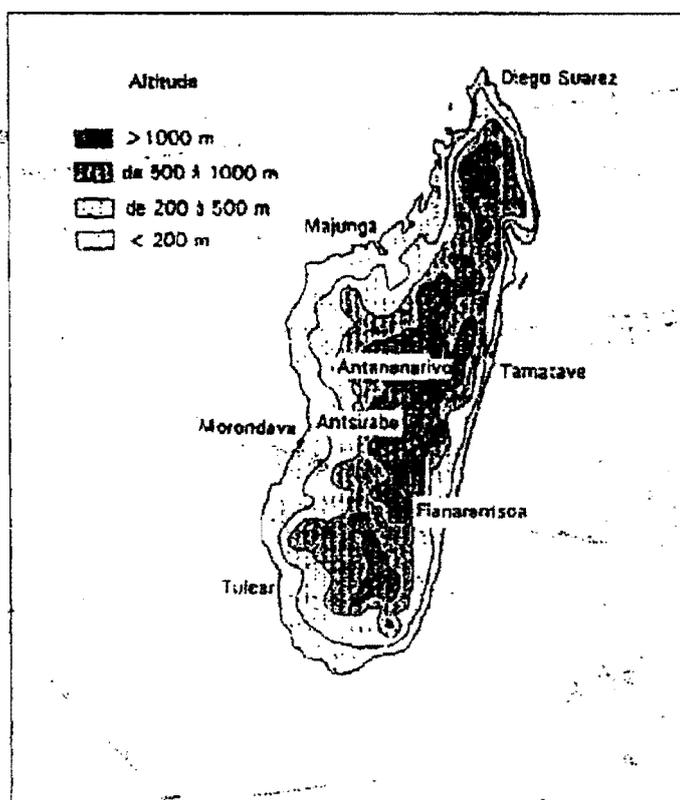
# DIAGNOSTIC

## DES RESSOURCES NATURELLES

### SUR LES HAUTES TERRES DE MADAGASCAR

#### 1- Délimitation des Hautes Terres.

La carte qui délimite les zones d'altitude supérieure à 1000m permet de distinguer trois blocs : au nord, le massif de Tsaratanana, au centre, les Hautes Terres centrales et au sud, le massif de l'Ivakoany. Cette région couvre 150 000 km<sup>2</sup> et abrite une population totale de 5 millions d'habitants.



Pour tenir compte du critère densité de population, ce rapport concerne essentiellement les Hautes Terres centrales. Le massif de Tsaratanana se trouve en région montagneuse et isolée et porte une couverture forestière qui doit faire l'objet de protection. Le troisième bloc se trouve en zone semi-aride et la population s'y consacre surtout à l'élevage bovin. On lui réservera un paragraphe particulier.

Voici quelques données générales touchant les Hautes Terres centrales:

Superficie = 100 000 km<sup>2</sup>  
Population totale = 4 500 000

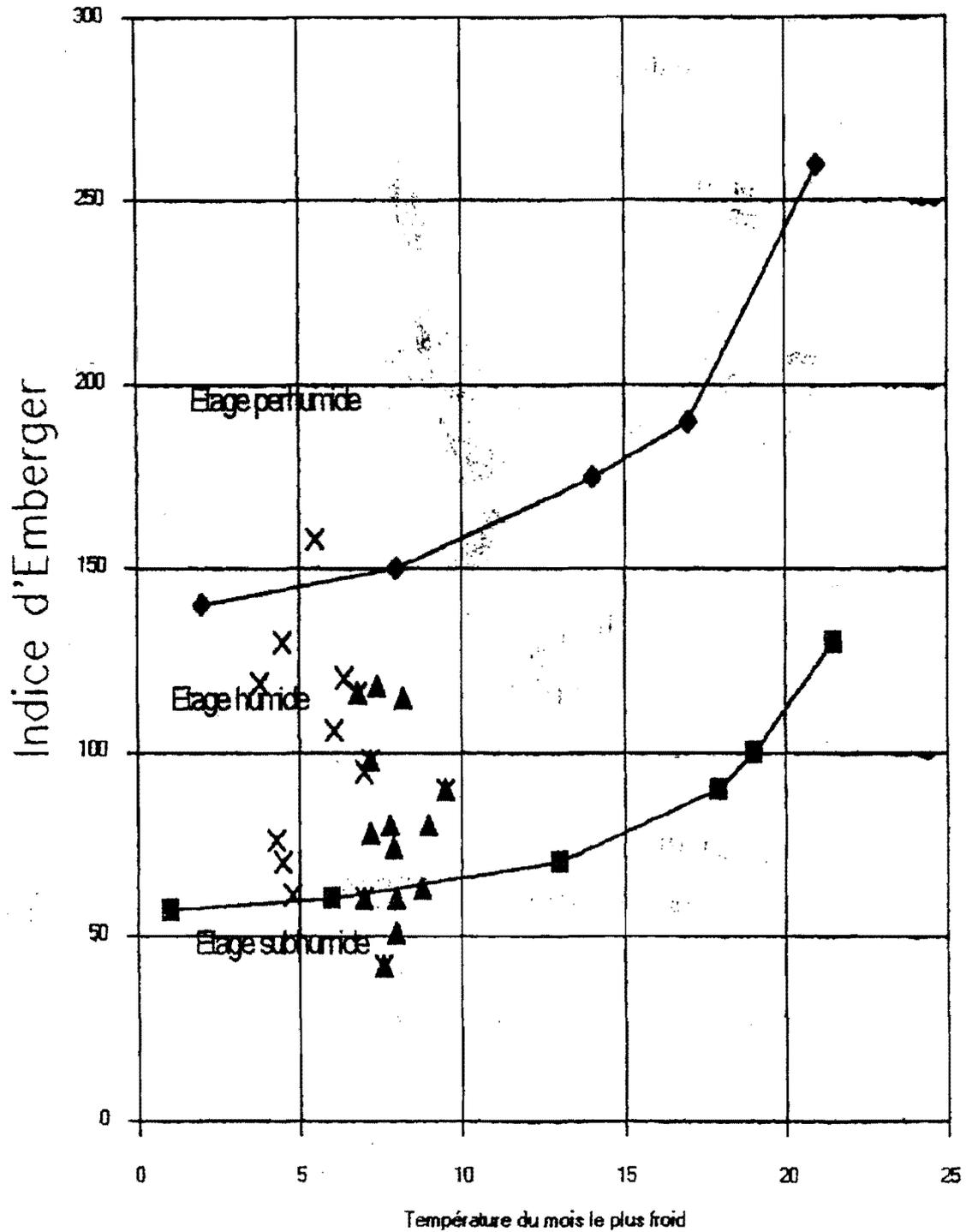
Densité de population = de 20 à 250  
Population agricole = 65 %

#### 2- Zonation des Hautes Terres.

Le climagramme pluviothermique d'Emberger (1) permet de distinguer sept unités homogènes en tenant compte de l'humidité du milieu et des rigueurs de la saison froide. En transposant ces données sur la carte, on trouve neuf zones caractéristiques (Tableau 1) - sont données successivement, le substrat géologique, le relief dominant, le climat de la saison de pluies, le climat de la saison fraîche, les principales cultures et les types d'élevage.

SITUATION DES ZONES DE LA  
REGION DES HAUTES TERRES

CLIMAGRAMME PLUVIOTHERMIQUE D'EMBERGER



*Tableau 1 : Zonation des Hautes Terres de Madagascar.*

<b>Frange Nord Ouest</b> Socle cristallin 1 Relief mixte Humide Subhumide tempéré Riz - manioc Bovin et porcin	<b>Plateaux centraux</b> Socle cristallin Relief arrondi, multiface Humide Subhumide et frais Riz et maraîchage Petit élevage et boeufs de trait	<b>Bordure orientale</b> Socle cristallin Relief accidenté Humide Humide et frais Riz - légumineuses - manioc Bovin et porcin
<b>Massif de l'Ankaratra</b> Volcanique Relief accidenté Humide Humide et froid Maïs - pomme de terre - haricot	<b>Plaine d'Antsirabe</b> Volcanisme ancien Plaine et collines arrondies Humide Subhumide et froid Riz - maïs - pomme de terre Boeufs de trait et laitier	<b>Bordure orientale</b> Socle cristallin Relief de collines et plateaux Humide Subhumide et frais Riz - maïs - fruitiers Boeufs de trait et porcin
<b>Frange Sud et Ouest</b> Socle cristallin Relief de collines et glacis Subhumide Semi-aride et tempéré Riz - manioc - maïs Boeufs	<b>Plateaux centraux</b> Socle cristallin Reliefs de collines disséquées Humide Subhumide et frais Riz - manioc - légumineuses Boeufs	<b>Bordure orientale</b> Socle cristallin Reliefs de colline et montagnes Humide Humide et frais Riz - patate douce

- Sont donnés successivement = le substrat géologique, le relief dominant, le climat de la saison de pluies, le climat de la saison fraîche, les principales cultures et les types d'élevage.

### 3- Utilisation du sol.

Le tableau 2 résume l'utilisation des sols des Hautes Terres.

*Tableau 2 : Utilisation des sols sur les Hautes Terres de Madagascar.*

Zone	Imerina	Vakinankaratra	Betsileo
Fivondronana à taux moyen d'utilisation des sols (SAU2 < 50%)	Manjakandriana ; Arivonimamo ; Ankazobe	Soavinandriana	Ambohimahasoa ; Ambatofinandrahana ; Manandriana
Fivondronana à fort taux d'utilisation des sols (SAU2 > 100%)	Andramasina ; Antananarivo 102 et 103 ; Ambohidratrimo	Faratsiho ; Betafo ; Antsirabe I et II	Fandriana ; Ambositra ; Fianarantsoa I et II ; Ambalavao

SAU 2 : Rapport surface agricole utilisée / surface agricole totale.

"Les zones où la SAU2 (1) dépasse 50% sont concentrées sur les Hautes Terres Centrales... Elles correspondent grossièrement aux zones de forte densité démographique où la micro-parcellisation est la règle. L'espace est saturé(2)."

Ces considérations d'ordre général ne doivent pas faire oublier l'existence de variabilité interne. Les potentialités des Tanety dans la CIRVA pilote d'Antananarivo par exemple ont été estimée comme suit (3) :

Zones de vulgarisation à potentialités fortes : Ankazobe, Ambatomanoina, Anjozorobe ;

Zones de vulgarisation à potentialités moyennes : Miarinarivo, Arivonimamo, Ankazondandy, Avaradrano, Atsimondrano, Andramasina, Soavinandriana, Ambatolampy ;

Zones de vulgarisation à potentialités faibles : Ambohidratrimo, Imerintsiasosika.

Dans les Hautes Terres de Fianarantsoa où la surface agricole utile est exigüe, les paysans ont établi des rizières en terrasses profitant des ressources hydrauliques fournies par les montagnes.

#### 4- Modifications à long terme.

Les tableaux suivants illustrent l'évolution sur les Hautes Terres(3).

*Tableau 5 : Evolution de quelques ressources observées dans un terroir des Hautes Terres.*

Observations	en 1950	en 1980	en 2010
Pluies	Abondantes et régulières	irrégulières	?
	Arbustive dense		
Végétation		steppe	revenue à 50%
Cueillette	Champignon, bois	Goyavier	tout est approprié
Terre	riche et fertile	dégradée	plus dégradée
Rivière	permanente	étalement et inondation	asséchée
Population	1 500 000	3 000 000	7 000 000
Bétail	1 boeuf / habitant	1 / famille	

*Tableau 4 : Echelles de variation des ressources naturelles.*

Éléments	Evolution normale	Evolution accélérée	Correction
Sols	Plusieurs millénaires pour former un sol forestier	Compaction : 3 à 5 ans Acidification : 2 à 4 ans	Compaction : 10 à 20 ans Acidification : Permanente
Cycle hydrologique	Modifications à l'échelle du siècle	5 ans	20 ans
Végétation	Modifications à l'échelle du siècle	Saisonnier	> 100 ans

Trois aspects marquent les transformations profondes observées sur les Hautes Terres :

- \* La population (nombre, activités de base et instruction);
- \* L'urbanisation ;
- \* La dégradation avancée des ressources naturelles.

L'environnement social est en pleine mutation. On peut dire que la société subit actuellement une phase de déstabilisation importante (organisation, stratégie de développement, valeurs culturelles).

*L'environnement économique* est le cadre de changements profonds. Le passage de l'économie de subsistance à l'économie de marché est source de préoccupations majeures. L'ajustement structurel du paysan mettra encore du temps à se réaliser.

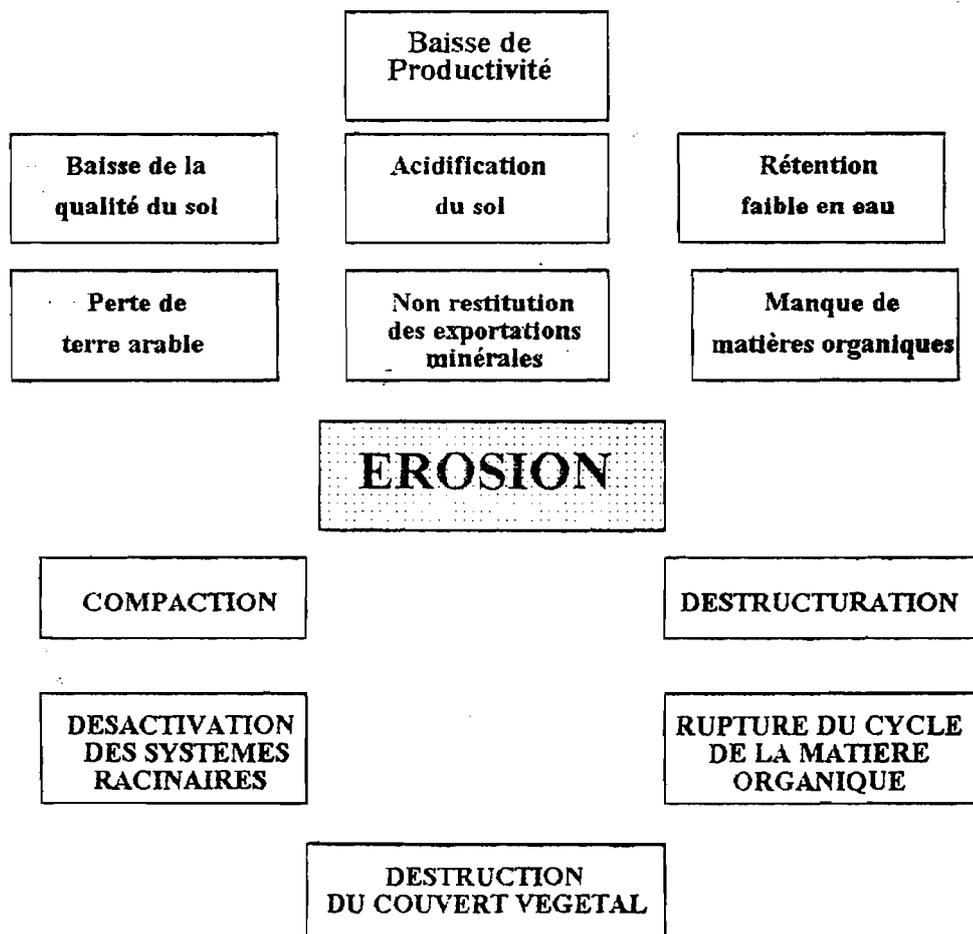
*L'environnement naturel* subit aussi des changements brutaux qui ne sont que les conséquences des méfaits de l'homme. Les sols sont de plus en plus acides, le climat moins généreux, les végétaux plus récalcitrants. Il semble que la nature ait appris à désobéir à l'homme.

Le seuil de non-retour est-il atteint ?

## 5- Etat des ressources.

*Le sol.*

L'érosion est le résultat final visible d'une évolution régressive qui s'est déroulée déjà pendant plusieurs années mais passée inaperçue. Des actions cachées, lentes se sont déroulées jusqu'à ce qu'il y ait manifestation extérieure de la dégradation appelée érosion. Erosion doit alors être interprétée dans ses différentes dimensions : physique, chimique, biologique et hydrologique. On pourrait d'ailleurs étendre le concept à l'érosion économique qui conduit à la pauvreté. Le schéma suivant tente d'illustrer les relations et constitue l'arbre à problèmes de l'érosion.



La dégradation du sol induit un certain nombre d'impacts. La mauvaise productivité des sols peut entraîner deux types de conséquences. Pour rattraper l'insuffisance alimentaire, le paysan étend les surfaces cultivées et accroît l'instabilité écologique du système ; il peut aussi décider de donner plus d'importance à la recherche de revenus mais face à un flux monétaire insolvable, c'est le crash économique (4). Dans un cas comme dans l'autre, on aboutit à une dégradation plus prononcée.

#### *Les ressources végétales.*

Les ressources végétales concernent trois groupes de végétation : les forêts, les pâturages et les plantes cultivées. La végétation constitue le premier rempart contre l'érosion mais ce rempart est inopérant même dans les surfaces boisées.

Les Hautes Terres connaissent une crise du bois (5) dans plusieurs localités, surtout dans les agglomérations rurales. La couverture forestière est très faible : 3% pour la province d'Antananarivo et environ 12% pour la partie concernée du Faritany de Fianarantsoa. L'eucalyptus omniprésent le long des axes routiers se fait rare à quelques kilomètres des routes.

La diffusion de l'eucalyptus a donné naissance à diverses professions : sciurs de long, charbonniers, charpentiers et menuisiers, etc. La corvée quotidienne du bois de chauffe est réalisée indifféremment par les hommes, les femmes ou les enfants.

Il y a également une crise fourragère (6) surtout pendant les mois de juillet, août, septembre et octobre. La disponibilité fourragère atteint seulement 40% des besoins des animaux. C'est cependant la période de pleine activité de préparation des champs.

Le boeuf est un élément essentiel de l'exploitation et un facteur important (mais sûrement pas le seul) de dégradation écologique. L'importance du boeuf se retrouve à différents niveaux :

- culturel : sacrifices, cérémonies, retraite misotro ronono;
- économique : épargne, production de lait, etc.
- agronomique : fumier, traction animale;
- social : prestige, symbole de réussite (voninahitry ny anarandray);
- écologique : brûlis des tanety.

Les Hautes Terres se caractérisent par une densité bovine variant de 0,2 à 4 têtes par habitant (7). L'alimentation est parfois complétée par un système de "cut and carry" en provenance des diguettes des rizières ou par du manioc (cas de plus en plus rare).(8)

Signalons que le fumier est considéré comme un amendement irremplaçable dans les districts comme Fandriana et d'Antanifotsy aux sols naturellement infertiles.

Les plantes cultivées sont très variées. Fait remarquable, le fumier disponible est destiné en priorité au riz, puis aux cultures commercialisables. Les cultures secondaires de subsistance reçoivent peu de fertilisant (manioc, patate douce).(9)

Les feux de brousse constituent assurément la perturbation la plus importante des ressources végétales. Le rapport national sur l'environnement et le développement (10) donne l'indication suivante sur les feux de brousse :

*ce sont une forme de contestation politique relevant également de la pyromanie. Ces phénomènes sont accrus par la pression démographique et les besoins de l'industrie alimentaire. Cette contestation politique est en fait le véritable amplificateur du phénomène plus que les besoins en pâturage.*

Il semble nécessaire de compléter ce jugement car la pratique des feux a survécu les siècles, les régimes et les générations. En tout cas, il est important de poser la question : et si ces feux étaient une activité à objectif économique (11) ? Considérons en effet les impacts des feux ; il y a

- le feu fertilisant : les cendres ;
- le feu sarclage : élimination des graines de mauvaises herbes ;
- le feu pesticide : mort d'insectes, des larves et des oeufs ;
- le feu irrigant : accroissement des ruissellements ;
- le feu fourrage : relance des repousses.

Ces considérations ne minimisent en rien le fait que les feux non contrôlés sont condamnables (12) mais visent uniquement à élargir le champ de réflexion pour éviter de porter un faux jugement sur un acte d'envergure nationale.

#### *Les ressources eau.*

La dénomination malgache des saisons et la typologie des compartiments de bas-fonds / rizières (13) reflètent une connaissance profonde du cycle de l'eau: Horaka (de l'eau en permanence) - vody tany (facilement irrigables) -aty tany (irrigables en dernier) et sakamaina (en attente des pluies et des ruissellements).

La non satisfaction au moment voulu des besoins en eau des cultures entraîne des perturbations du calendrier cultural. Beaucoup de rizières repiquées en août et septembre se trouvent à sec au mois d'octobre. Et l'on ne connaît pas l'impact sur la production.

Quelques informations générales sur l'eau semblent nécessaire. La nappe phréatique oscille pendant l'année. Le niveau le plus élevé est observé à la fin du mois de mars (fin du cycle cultural). La nappe est au point le plus bas en octobre (début du calendrier cultural). La fluctuation de la surface de la nappe est de 1,50m et fait intervenir environ 10% de la pluviométrie (14).

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Nappe	-	-	Max	baisse	Niveau							
Rivière	-	-	-	-	Min	-	Niveau 0					
Débit	Max	Max	-	-	-	Nul					Reprend	-

L'eau de nappe n'est pleinement utilisable qu'à partir du mois de janvier. Pour ne pas subir un retard cultural, les paysans ont recours à l'eau de ruissellement et donc au brûlis. L'autre alternative valable serait de disposer de stock d'eau dans des réservoirs.

La dégradation des ressources en eau peut s'expliquer en l'attribuant soit à une perturbation soit à un stress.

**Stress :**

- Mauvaise infiltration ;
- Mauvaise Rétention en eau du sol ;
- Distribution de l'eau d'irrigation ;
- Absence de retenue d'eau.

**Perturbation :**

- Assèchement climatique;
- Inondations lors du passage des cyclones;
- Trous pluviométriques.

D'autres éléments importants de la ressource eau concernent l'eau domestique, (parfois en situation dramatique dans certains villages car non potable), l'adduction d'eau (il n'y a qu'un faible pourcentage de villages qui sont approvisionnés).

## 6- Les vecteurs de changement.

Nous aimerions présenter l'exemple d'un village d'Antsirabe pour illustrer ce point.

Antanetikisoa occupe un terroir situé à l'extrémité nord de la plaine d'Ambohibary Sambaina. L'action de développement encadrée par l'IREDEC a commencé par une préparation psychologique : Bien-être et développement, ressources naturelles et Dieu créateur sont intimement liés.

Le système de riziculture intensive (SRI) a été vulgarisé en tant que technique et comme élément de démystification de la nature. Le compostage familial a été prôné pour l'entretien de la fertilité des rizières et des cultures maraîchères.

L'application de ces techniques a entraîné d'abord le curage volontaire des canaux d'irrigation (au lieu de la corvée villageoise) pour obtenir la biomasse à composter. Puis c'était l'accord de mise en défens des tanety. Puis l'adduction d'eau pour arroser le compost. Puis la pharmacie communautaire pour mieux entretenir la santé des habitants du village. Puis...

Les Hautes Terres disposent d'atouts qu'il importe de valoriser :

- Infrastructure routière
- Les marchés des villages et des grandes villes
- Les services d'appui à la gestion des ressources (OG, ONG, Eglises, Projets de développement)
- La tenure foncière la plus développée du pays
- La qualité de la main d'oeuvre.

Les propositions devraient cependant cadrer avec les stratégies locales de développement et permettre un choix de techniques abordables dans chaque situation.

Tableau 5 : Indications sur les différents types d'agriculture possibles.

Type d'agriculture	Orientation de marché	Orientation intermédiaire	Orientation de subsistance
<b>Conditions</b>	Infrastructure de communication Marché organisé (Appro et débouchés) Crédit	Possibilités d'échange de produits et sécurité des échanges	Zones enclavées Paysans pauvres Subsistance et petits revenus
<b>Stratégies</b>	Valorisation du capital Valorisation des ressources naturelles Adoption de High input	Rendements de la terre Valorisation des ressources locales Réduction des coûts de production	Valorisation de la main d'oeuvre Alévation des stress culturels Valorisation des ressources naturelles

### Les Hautes Terres du Sud

La région des Hautes Terres occupent encore une surface importante dans le sud des pays, depuis Ihosy jusqu'aux chaînes de l'Anosy (Fort-Dauphin). Le contexte y est très différent : climat subhumide à semi-aride (moins de 800 mm de pluie et 8 mois de saison sèche ; topographie de plateaux et de pénéplaines entrecoupées de saillies constituées par des roches résistantes ; faible densité de population mais forte densité bovine. L'état des ressources naturelles critique. Pour une zone où l'eau est le premier facteur limitant des activités agricoles, il n'y a presque pas d'aménagement hydraulique. La couverture végétale est attaquée annuellement par les feux de brousse. Les sols qui sont de bonne qualité en général, s'épuisent par l'érosion superficielle.

# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

L'ÉROSION DES SOLS

Texte de Nicolas ANDRIAMAMPIANINA

## INTRODUCTION

Sur les Hautes Terres malgaches l'érosion des sols constitue un facteur de dégradation physique et chimique des sols et de limitation de la production. Sur les versants, zones d'ablation, les sols sont à la fois découpés et incisés sous différentes formes. Dans les bas fonds et les plaines alluviales il n'est pas rare de rencontrer des ruptures de digue, des sapements de berges et de l'ensablement. Ainsi, tant sur les versants que dans les bas-fonds la production agricole subit-elle une diminution substantielle de rendement.

Ces phénomènes connus et considérés dès le début du siècle ont fait l'objet de recherche et d'actions en vue de connaître le processus et d'en élaborer les moyens de lutte.

L'érosion des sols ont une double origine sur les Hautes Terres malgaches : les conditions physiques fragiles et propices à l'érosion sont soumis à des activités anthropiques dégradantes. La topographie accidentée facilite l'ablation et le transport des sols par le ruissellement diffus et concentré. En effet, le relief est constitué de collines et échines acérées aux flancs pentus. Cette topographie est taillée dans des sols ferrallitiques remaniés qui sont aussi du point de vue structure relativement fragiles. Par rapport aux restes de l'île les sols des Hautes Terre sont plus érodibles. D'autre part le climat se présente aussi comme un facteur important de l'érosion des sols. L'agressivité climatique est aussi élevée dans l'ensemble de la région.

La civilisation agricole relativement ancienne des sociétés des Hautes Terres malgaches basée sur la riziculture a permis le développement d'un système agraire caractéristique : une utilisation intensive des bas-fonds et des bas de pente et une mise en valeur souvent extensive sur les versants. Ainsi, sur les versants on observe des pratiques culturelles qui vont à l'encontre de la conservation des ressources naturelles : feux de brousses, déboisement excessif. L'extension importante des cultures sèches sous la pression démographique et l'épuisement des bas-fonds rizicultivables contribuent ainsi à l'intensification de l'érosion des sols.

Ces problèmes de gestion des terres sont accentués par les formes d'appropriation des terres et la faible responsabilisation ou participation des populations aux actions de conservation et d'aménagement rationnel.

## HISTORIQUE DE LA RECHERCHE SUR L'EROSION

L'importance de l'érosion sur les Hautes Terres a été déjà ressentie par les responsables administratifs et techniques bien avant les années 50. Cette prise de conscience est marquée par les différentes mesures techniques et juridiques adoptées, les différentes activités de recherches. Les actions entreprises (recherche et actions de développement) pour lutter contre l'érosion des sols n'ont cessé d'évoluer : tant du point de vue des méthodes d'approches que des techniques adoptées.

Avant les années 60., les actions de conservations des sols sont basées sur la protection des forêts naturelles et le reboisement des périmètres dénudés. Ces actions ont été menées sous la concertation du Service des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols. L'objectif déterminant des actions a été d'améliorer le bilan hydrique sous une couverture forestière naturelle ou anthropique.

Les recherches proprement dites ont débuté depuis les années 60 avec le concours de la division " lutte contre l'érosion " du CTFT. Les objectifs des recherches ont été claires :

- Définir les paramètres de l'érosion et du ruissellement et mettre au point des techniques et pratiques anti-érosives sous divers modes d'utilisation des sols ;

- Evaluer l'influence des couverts naturels et artificiels dans des études comparatives en parcelles élémentaires.

- Analyser les effets de successions culturales

- Mesurer l'érosion maximale en vue de la caractérisation des sols vis-à-vis de leur sensibilité à l'érosion.

Pour mener ces recherches, diverses stations ont été sélectionnées : Manakazo (Tampoketsa), Ambatomainty (Ambatolampy), Ampamaherana (Fianarantsoa), Nanokely (Antsirabe) et Nanisana (Anatananarivo).

Le reboisement a aussi pris une place importante durant cette période.

A partir de 1985, dans un souci national et international de coordonner les actions environnementales, les activités de recherche et les actions de développement ont été basées sur une approche intégrée, multidisciplinaire et participative. On insiste surtout sur la gestion durable des ressources naturelles.

## LES ACQUIS DE LA RECHERCHE ET LES PRINCIPALES ACTIONS

On peut d'ores et déjà mentionner que ces résultats sont actuellement disponibles dans des ouvrages sous forme de rapport d'activité ou des actes de colloques. Les résultats sont de trois ordres :

- . Connaissance des paramètres et du processus de l'érosion.
- . Quantification physique et chimique de l'érosion.
- . Elaboration de techniques de conservation des sols et des eaux.

Selon les objectifs mentionnés ci-dessus, il n'a pas été primordial de diffuser les résultats de recherche

### Connaissances des paramètres et du processus de l'érosion

Les expériences s'appuyaient sur l'élaboration de l'équation universelle de Wischmeier :

$$A = (2,24) R.K.LS.C.P$$

(où A= Pertes en terre moyennes en tonnes par hectares. 2,24= Coefficient permettant d'utiliser le système métrique pour les pertes en terre. R= Indice-pluie. K=Indice-sol. LS= Indice topographie. C= Indice pratique culturale. P= Indice des traitements anti-érosifs.)

Pour les Hautes Terres malgaches les résultats se rapportent surtout sur les deux facteurs les plus importants : les sols et le climat ainsi que sur l'érosion.

*Erodibilité des sols*

Nanisana	= 0,16	moyennement érodible
Ambatomainty	= 0,19	moyennement érodible
Manankazo	= 0,24	fortement érodible
Ampamaherana	= 0,03	très peu érodible
Nanokely	= 0,22	fortement érodible

*Erosivité des pluies*

Nanisana	= 370 usa	faible
Ambatomainty	= 385 usa	moyen
Manankazo	= 508 usa	moyen
Ampamaherana	= 476 usa	moyen
Nanokely	= 359 usa	faible

Selon ces valeurs de l'érosivité des sols et de l'agressivité climatique, les Hautes Terres ont en général des sols fortement érodibles et un climat moyennement agressif par rapport aux autres domaines agroécologiques. A titre comparatif :

## Ivoloina (Côte Est de Madagascar)

R = 957 Fortement agressif  
K = 0,02 Très peu érodible

## Kianjasoa (Moyen-Ouest de Madagascar)

R = 718 Très fortement agressif  
K = 0,41 Très fortement érodible

*Le ruissellement*

Le ruissellement constitue le moteur du processus de l'érosion, c'est le vecteur de sédiments et d'éléments nutritifs. Ce ruissellement dépend des types de mise en valeur, les valeurs ci-dessous ont été obtenues en bassins versants.

Tab 1. : Nombre de ruissellements en pourcentage des pluies (CTFT).

TRAITEMENTS BV	NOMBRE DE RUISSÈLEMENT			
	< à 5%	de 5-à 10%	de 10 à 20%	> à 20%
BV1 : mise en défens	34	8	13	20
BV2 : aménagé	61	8	2	3
BV3 : brûlé	20	14	22	35
BV4 : reboisé	48	8	6	6

Selon ces chiffres, un aménagement rationnel (BV2) et un reboisement (BV4) peuvent effectivement limiter le ruissellement sur les tanety. Le bassin versant brûlé (BV3) occasionne un important volume de ruissellement. Les chiffres sur les pointes de ruissellement (maximum de débit de ruissellement instantané) sont aussi significatifs :

Tab 2 : Pointes de ruissellement à Manankazo (Sce: CTFT)

TRAITEMENTS	Pointe de ruissellement(l/s/ha)
BV1: mise en défens	125
BV2 : aménagé	29
BV3 : brûlé	220
BV4 : reboisé	19

## Quantification physique et chimique de l'érosion

Selon les Chiffres avancés par la Banque mondiale l'érosion des sols se situerait à 12 et 40 million de tonnes par année sur les Hautes Terres (Sce : Banque mondial in POPULATION ET ENVIRONNEMENT)

D'autres chiffres obtenus en parcelles élémentaires donnent les valeurs suivantes :

Tab 3 : Tonnage des pertes en terre selon des pratiques culturales (Sce: DRFP)

TRAITEMENTS	TONNAGE
Erosion potentielle	400 à 500t/ha/an
Cultures sèches	100 à 150t/ha/an
Graminées	10t/ha/an
Lavaka	300t/ha/an

Selon ces chiffres, l'érosion potentielle de 500t/ha/an équivaut à une épaisseur moyenne de 2cm de sol érodé par an. Les champs de cultures sèches sont aussi très sensible à l'érosion avec un tonnage de 100 à 150t/ha/an soit 4mm par an. L'érosion sous graminées montre une large fourchette de 0 à 30t/ha/an selon les chiffres suivants :

Tab 4 : Pertes en terre sous différentes conditions graminées (Source DRFP)

CONDITIONS GRAMINEENNES	PERTES EN TERRE
Graminées dense mis en défens	0t/ha/an
Graminées dégradées	10t/ha/an
Graminées fortement dégradées	30t/ha/an
Graminées brûlées	
Jachère naturelle de graminée de 2ans	60t/ha/an

Les lavaka sont aussi des grands exportateurs de sédiments avec un tonnage de perte en terre de 300 t/ha/an. Les éléments en suspension est de l'ordre de 80 à 100 g/l. Sans mesures adéquates, les rizières situées en aval des lavaka sont souvent perdues à jamais. Au fur et à mesure que la végétation envahit les lavaka, l'intérieur se colmate et l'érosion diminue.

Selon toujours la Banque mondiale in " POPULATION ET ENVIRONNEMENT " :

- pour tout l'ensemble des Hautes Terres, les chiffres avancés se situeraient à 12 à 40 millions de tonnes par années de pertes en terre.

- l'érosion des sols entraîne des pertes en production tant sur les versants que dans les bas-fonds :

Tab.5 : Erosion des sols et rendement de riz et de maïs

	Sol érodé	Sol normal
Rendement de paddy	2,5	1,5
Rendement de maïs	2t/ha	0,5t/ha

L'érosion de fertilité est non moins importante sur les Hautes Terres malgaches. C'est dans les pertes en éléments fertilisants que les pertes en terre et les maïsellements prennent plus de signification. Cette érosion, selon les analyses des sols en place et des sédiments est très sélective :

- les sédiments mobilisés sont plus riches en chaux que la terre en place suivant une proportion de 10 à 20 fois plus. Ce qui signifie un accroissement de l'acidité des sols en place dont le pH est inférieure d'une unité comparée à celui de la terre entraînée.

- La magnésie et la potasse partent également avec l'érosion .

- Le  $P_2O_5$  est aussi sensible mais dans une proportion plus faible. Les sédiments sont 1,5 fois plus riches en  $P_2O_5$  que les sols in situ.

Pour conclure, sur ces résultats de recherches, nous donnons ci-après un tableau synthétisant les risques de dégradation selon les chiffres du PAE 1988.

Tab 6 : Evaluation des besoins de conservation de différentes régions naturelles de Madagascar (PAE, 1988)

REGION NATURELLE	Risque de dégradation	Intérêt économique	Population	Valeur	Classe
Antananarivo	Moyen	Grand	Elevé	300	II
Fianarantsoa	Moyen	Moyen	Elevé	240	II
Manjakandriana	Faible	Faible	Moyen	84	V
Alaotra	Grand	Grand	Moyen	400	I
<i>A titre comparatif :</i>					
Antalaha	Grave	Grand	Elevé	448	I
Betroka	Moyen	Moyen	Faible	50	V
Sakaraha	Faible	Elevé	Moyen	120	IV
Majunga	Fort	Fort	Moyen	240	I

### Connaissances sur les méthodes de lutte anti-érosive

#### - Les dispositifs mécaniques

Dans la mise en valeur des tanety, des techniques locales de lutte contre l'érosion (mise en terrasses, fossé de protection) existent déjà mais celles-ci sont limitées sur les bonnes terres de bas de pente. Les premières actions de lutttes anti-érosives sont orientées vers des méthodes mécaniques à l'instar des pays d'Amérique du nord et de l'Afrique du nord.

Un des résultats acquis par ces méthodes est la classification des pentes et l'affectation des terres :

- les pentes supérieures à 25% sont classées pour les activités de foresterie
- les pentes entre 25% et 12% sont destinées à des cultures sèches mais avec des dispositifs anti-érosifs importants.

- les pentes inférieures à 12% sont affectées à des cultures intensives avec des dispositifs anti-érosifs.

Les dispositifs les plus utilisés sont les fossés de protection, en amont des terrains agricoles, les canaux de diversion et d'infiltration, les fossés aveugles, l'aménagement d'exutoires, les banquettes de reboisement.

#### *- Les dispositifs biologiques*

La connaissance de l'importance de l'arbre et de la végétation en générale dans la protection des sols soit par les houpiers soit par les racines a contribué à l'adoption des dispositifs biologiques dans la conservation des sols. Les végétaux ont été surtout utilisés sous forme de haies vives, de fixateurs de talus et comme plantes de couverture à l'intersaison.

Parmi ces dispositifs biologiques, on peut aussi citer les façons culturales qui intègrent des périodes de jachères herbacées et ou arbustives dans les rotations culturales. A Manankazo, l'action d'une prairie temporaire de deux ans pour réduire le ruissellement et les pertes en terres est bien évidente. Cette prairie améliore aussi la structure des sols d'où son importance dans l'assolement.

De même une jachère de deux ans de tephrosia équivaut à un apport de FUMIER, COMPOST, NPK.

#### *- Le reboisement*

Le reboisement mérite d'être traité à part car il a été perçu dès longtemps comme un moyen de lutte efficace pour lutter contre l'érosion et pour rétablir le bilan de l'eau dans les bassins versants. Les approches du reboisement ont beaucoup évolué dans le temps. Au début, le reboisement a été considéré comme une devoir national où chaque citoyen devrait planter des arbres. Puis l'approche de grands bassins versants comme celui de la Haute Matsiatra et du Haut Mangoro est apparu vers la fin des années soixante.

Actuellement, l'approche du reboisement est surtout basée sur la responsabilisation des collectivités. L'intervention des organismes comme le PARV, puis l'ORIMPAKA et MALAZA par l'intermédiaire de l'obtention de titres fonciers aux participants ayant reboisé un terrain domanial est un exemple significatif dans ce sens. De même, la Zone Délimitée pour l'Action en Faveur de l'Arbre, qui est un système de reboisement privé, démarré en 1985 et soutenue par le Service Provincial des Eaux et Forêts, favorise les initiatives individuelles. D'autres projets comme la " Poursuite Reboisement National " sur financement FNDE et USAID développent des systèmes de reboisement.

#### *- L'agroforesterie*

L'année 1985 marque le début des recherches et des actions en agroforesterie. Ce système de culture qui intègre l'arbre dans l'espace agricole se présente comme un atout pour le reboisement et pour la conservation des sols et des eaux.

Les recherches se rapportaient en premier lieu sur l'inventaire des espèces prometteuses introduites et locales susceptibles d'être utilisées en agroforesterie. Cet inventaire a abouti sur une liste de légumineuses prometteuses.

Tab 7 : Espèces agroforestières souvent utilisées sur les Hautes Terres

Espèces arbustives	Espèces herbacées
Tephrosia vogelii	Desmodium sp.
Tephrosia candida	Puereria sp
Cajanus cajan	Peninsetum sp
Flemingia congesta	Tripsacum sp
Sesbania bispinosa	Bracharia sp
Crotalaria grahamiana	Mucuna utilis
Crotalaria pallida	...
Dodonea madagascariensis	
Cassia didimobotria	
Cassia spectabilis	
Acacia dealbata	
Acacia mearnsii	
Acacia mangium	
...	

Puis des essais sur les comportements des espèces pré-sélectionnés ont été entamés : test de germination suivant différents traitements, essai de comportements des arbustes suivant les traitements (coupe).

Les recherches ont porté aussi sur les adaptations des espèces suivant l'utilisation. L'importance de la recherche et des actions sur la jachère améliorée est le résultat du constat de l'infertilité des sols. Des recherches sur la gestion et les systèmes culturaux (alley cropping, haies anti-érosives, paillage par les émondes, jachère améliorée) sont actuellement en cours un peu partout sur les sous zones des hautes terres malgaches.

Quelques facteurs limitants pour la lutte contre l'érosion des sols

#### *Le problème foncier.*

La situation foncière sur les Hautes Terres malgaches pose des problèmes sur la mise en valeur et la conservation des ressources naturelles. La non appropriation des terres, autrement dit l'insécurité foncière limite l'investissement sur la terre. Des actions visant des octrois de titres fonciers à partir du reboisement sont actuellement en cours mais les résultats restent minimes à cause de la lourdeur administrative.

#### *Le feu de végétation*

Il n'est plus à démontrer l'importance des feux de végétation dans l'accentuation de l'érosion. Plusieurs raisons sont avancées pour expliquer ces feux : renouvellement de pâturage, contestation politiques opus sociale et pyromania tout simplement. Les actions contre les feux de brousse sont aussi multiples : repressions administrative, sensibilisation technique, feux contrôlés...celles-ci se sont avérées inefficaces jusqu'à l'heure actuelle.

Ces différents constats ont amenés à reconsidérer les raisons du feu sous l'angle de gestion de l'espace agricole. En effet, les feux répétés sur les versants en amont des bas-fonds rizicoles revêtent un double sens :

- les feux dénudent les sols et augmentent par conséquent les ruissellements qui vont atterrir dans les rizières. Cet surplus d'eau est nécessaire pour le repiquage du riz au moment où l'eau de pluie fait défaut et que la nappe reste encore en profondeur.

- la mise en feu des encadrements collinaires fournit des cendres aux rizières situées en contrebas. Ces cendres contribuent à la fertilisation des sols de bas-fonds.

Dès lors, on peut se poser la question si la solution aux feux ne se trouverait pas dans une meilleure gestion des eaux et de la fertilité dans le terroir.

## CONCLUSION

Les recherches et les actions sur l'érosion sont très avancées sur les Hautes Terres malgaches. On peut conclure même que les connaissances sur le processus de l'érosion sont suffisamment acquises. Des actions pilotes menées à grandes et à petites échelles ont donné des résultats techniquement positifs. Cependant, l'évaluation de la situation environnementale actuelle laisse entendre l'existence de paramètres non encore contrôlés dans le système. Nous classons ces paramètres parmi les lacunes dans la recherches et les actions.

- Une meilleure connaissance des interrelations et des interactions des différents composants du milieu ainsi que des différents espaces d'utilisation doivent être développée et approfondie.

- Le problème de l'érosion n'est pas un processus isolé dans le système agricole. Autrement dit, des actions isolées, ne considérant pas l'ensemble du système sont a priori vouées à l'échec.

- L'approche participative doit être appliquée dans l'analyse du système et l'évaluation des techniques alternatives. La participation paysanne permet une bonne compréhension de la logique d'action et aboutira à une meilleure sélection des actions à entreprendre.

- La recherche sur l'adoption technologique (approche et processus) devrait être renforcée dans tout développement de technique alternative. Ce dernier point doit en tout cas considérer les stratégies paysannes.

## BIBLIOGRAPHIE

**Andriamampianina N.** "Les lavaka malgaches, leur dynamique érosive et leur stabilisation". Madagascar Revue de Géographie N°46.-Jan-Juin 1985.

**Andriamampianina N.** "Riziculture et gestion de l'eau dans un terroir des Hautes Terres malgaches". Acte du séminaire BAS-FOND ET RIZICULTURE, CIRAD-FOFIFA, Antananarivo, 1991.

**Andriamampianina N.** "Dynamique spatio-temporelle de la ressource en eau dans le terroir d'Avaratrambolo". in Terroir et Ressources, Projet Terre-Tany, 1995.

**Bailly C., Benoît De Coignac G.De, Malvos C, Ningre, Sarrailh J.M.** - "Etude de l'influence du couvert et de ses modification - Expérimentations en bassins versants élémentaires réalisées à Madagascar". -Antananarivo, CTFT - 80 pages- 1973.

**Bailly C., Benoît De Coignac G.De, Malvos C, Ningre, Sarrailh J.M.** - "Etude de l'influence du couvert et de ses modification - Expérimentations en bassins versants élémentaires réalisées à Madagascar". - Cahiers Scientifiques Bois et Forêts des Tropiques n°4 Nogent-Sur-Marne- 114 pages.

**Bailly C., De Vergnette J, Benoît De Coignac G., Celton J.** "Essai de mise en valeur d'une zone des hauts plateaux malgaches par l'aménagement rationnel. Effet de cet aménagement sur les pertes en terre et le ruissellement". In Colloque sur la fertilité des sols Tropicaux, Antananarivo - Antananarivo CTFT, 55 pages, 1967.

**Bailly C., De Vergnette J., Benoît De Coignac G., Roche P.**  
"Influences du couvert naturel sur le ruissellement et les pertes en terres - Résultats obtenus à Madagascar" Bois et Forêts des Tropiques n°119, 1968.

**Benoît De Coignac G., Sarrailh J.M.** - "Bassins versants élémentaires de Manankazo - Bilan 1963-1973". Antananarivo, CTFT, 1974.

**CIRAD-CTFT.** "Les dispositifs de mesures du ruissellement et de l'érosion en Parcelles élémentaires" Antananarivo, CTFT, 10 pages.

**Dinard, De Vergnette J., Bailly C.,** "Eléments de conservation des eaux et des sols à Madagascar" Antananarivo, CTFT, 79 pages, 1967.

**FOFIFA (CENRADERU)** "Parcelle de mesure du ruissellement et de l'érosion à Madagascar" Antananarivo, FOFIFA-DRFP, 150 pages, 1975.

**Goujon P., Bailly C.** "Aménagements anti-érosifs et économie de l'eau. Influence des activités de l'homme sur le cycle hydrométéorologique" Paris, 13<sup>e</sup> Journée de l'Hydraulique, 1974.

**Goujon P., Bailly C., De Vergnette J., Benoît De Coignac G.** "Conservation des sols en Afrique et à Madagascar". Bois et Forêts des Tropiques N°118, 119, 120, 121.

**Malvos C., Sarrailh J.M.** "Bassins versants à Madagascar - Bilan de l'eau sous prairies naturelles et artificielles. Compte rendu de fin de recherche financée par la DGRST". Paris, CTFT, 1978.

**Malvos C., Sarrailh J.M., Bailly C., Rakotomanana J.L., Rampanana L.** "Etude de la susceptibilité à l'érosion des sols de Madagascar - Expérimentation en Parcelles élémentaires" Antananarivo, CTFT, 1976.

**MRSTD/FOFIFA** : "Bilan de la recherche agricole à Madagascar - pp 239-252 : Conservation des Sols" 1989.

**Office National de l'Environnement - Institut National de la Statistique**. "Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar". Edition PNUD-1994 (UNDDSMS/MAG/91/007)

**Rakotomanana J.L.** "Climat, érosion et techniques culturales sur les hauts plateaux de Madagascar" Antananarivo, FOFIFA-DRFP 16 pages, Doc FOFIFA-DRFP N°580).

**Rakotomanana J.L., Sarrailh J.M., Rampanana L.** "Parcelles de mesure de ruissellement et de l'érosion à Madagascar" Antananarivo, CENRADERU 109 pages, Doc FOFIFA-DRFP N°385.

**Rakotomanana J.L.** " Les Hautes Terres malgaches " doc DRFP -1990

**Rakotomanana J.L.** : "Transfert de fertilité ". Acte du séminaire BAS-FOND ET RIZICULTURE , CIRAD-FOFIFA, Antananarivo, 1991.

**Ranoroarisoa R.** "Préalables à l'application de l'agroforesterie à Madagascar dans une région de feu de brousse, cas d'Ankazobe. Mémoire (Ingénierat en sciences agronomiques). Antananarivo, Université de Madagascar, EESSA, 97 pages, 1986.

**Souchier B.** Pertes en éléments fertilisants correspondant à l'entraînement dans les eaux de ruissellement". Antananarivo, CTFT, 16 pages, 1961.

**Souchier B.** "Mesures du ruissellement et de l'érosion à Nanisana. Mise au point 1964. Antananarivo, CTFT, 9 pages. 1964

**Souchier B.** "Parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion : résultats de 3 campagnes d'observation (1959-1963)". Antananarivo, CTFT, 20 pages, 1963.

**Souchier B. Delon A.** "Etude des lois de l'écoulement et de l'érosion en fonction des couvertures végétales et des traitements pour la zone des hauts plateaux". Antananarivo, CTFT, 18 pages, 1962.

**Verbeque B., Malvos C.** "Résultats de sept années d'expérimentation en parcelles élémentaires sous différents pâturage à Manankazo". Antananarivo, FOFIFA-DRFP. 15 pages, 1980.

**De Vergnette J. , Bailly C., Benoît De Coignac G. , Roche P.** "Note résumant les expérimentations réalisées à Madagascar sur le ruissellement et les pertes en terre en Parcelles élémentaires. Rotation et pratiques culturales , Colloque sur la Fertilité des sols tropicaux, Antananarivo. Antananarivo, CTFT, 19 pages, 1967.

**De Vergnette J. , Bailly C., Benoît De Coignac G.** "Expérimentation en parcelle de mesure du ruissellement et de l'érosion. Note sur l'influence des couvertures naturelles dans la zone des hauts plateaux". Antananarivo, CTFT, 132 pages, 1969.

# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

LA FERTILITE DES SOLS

DE BAS - FONDS

Texte de Raymond RABESON

# La fertilité des sols de bas-fonds.

---

## I - Connaissance des sols, de leur variabilité et de leur fertilité.

### 11 - Généralités.

La science du sol trouve dans notre jeune pays un terrain fécond de progrès dans toutes les directions de la recherche fondamentale et de ses applications fructueuses pour la vie humaine. Le sol, sa connaissance, sa préservation, son enrichissement et son exploitation ne sont-ils pas le souci primordial de l'homme depuis toujours et partout ?

La connaissance des sols implique l'étude de leurs propriétés essentielles, de leur comportement et de leur distribution dans le paysage.

La pédologie appliquée met cette connaissance des sols au service de la technique ; elle cherche à comprendre les qualités et les défauts des sols pour en tirer le meilleur parti ou les transformer. Expression synthétique de ces données, la carte pédologique est un outil indispensable pour l'action.

### 12 - Histoire et géographie des sols.

Il n'est pas superflu de rappeler quelques faits historiques.

Une mission permanente de pédologues formés par l'ORSTOM fut créée en 1946 dans le cadre de l'Institut de Recherches Scientifiques de Madagascar (IRSM). Elle était devenue la Section de Pédologie du Centre ORSTOM d'Antananarivo. Elle veut concilier au mieux, jusqu'en 1974 sa double vocation au développement local et à la recherche scientifique.

C'est à l'occasion du levé des cartes qu'ont été étudiés les sols à riz et leurs problèmes à Madagascar. Les études sur les processus de la pédogenèse hydromorphe ont abouti à une classification des sols hydromorphes dans le système français et à la définition de leurs aptitudes pour la culture du riz.

L'utilisation des sols, suivant leur vocation, élément essentiel de la rentabilité, prenait dès lors toute son importance et faisait ressortir la nécessité d'une cartographie adéquate. L'Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar (IRAM) avait contribué de beaucoup à la réalisation des cartes pédologiques des régions d'intérêts agricoles.

C'est la période des contrats d'études particulières à grande échelle ou moyenne échelle (du 1/10000 à 1/5000) et qui débouchent généralement sur la production de deux cartes :

- une carte pédologique situant le milieu dans son contexte édaphique et utilisant les classifications en usage à Madagascar ;
- une carte d'utilisation des sols.

D'une manière générale, les recherches pédologiques se sont concentrées aussi bien sur l'inventaire des sols (genèse, typologie et cartographie) que sur leur utilisation agricole (contraintes agronomiques et cartographie).

Depuis 1974, année de la restructuration de la Recherche Scientifique à Madagascar, le FOFIFA (CENRADERU) a pris en main tous les personnels nationaux de ces deux services de pédologie et a fait cavalier seul dans la recherche de la cartographie pédologiques avec l'appui de jeunes chercheurs fraîchement sortis de l'Université. Il n'est pas de grandes opérations de développement qui n'aient requis sa participation, sans préjudice d'opérations plus modestes voire au ras du sol. L'inventaire cartographique par la méthode de la morphopédologie a pris toute son ampleur.

En même temps, l'expérience acquise dans le cadre des études du développement a permis à ces pédologues nationaux d'aborder la plupart des problèmes fondamentaux posés par la genèse et la répartition des sols. La connaissance systématique des caractères chimiques des sols constitue une aide importante aux recherches menées par ailleurs en matière d'expérimentations agronomiques.

Les cartes à grandes échelles (du 1/1000e au 1/5000e) correspondent aux documents les plus détaillés sur lesquels sont le plus souvent mentionnés les principaux facteurs, limitant sous une forme ou sous une autre, l'utilisation des sols. Il s'agit donc le plus fréquemment de cartes de type analytique (phase du sol). Elles définissent généralement la texture des sols et les faciès locaux dans le cadre de la classification générale.

D'autres cartes peuvent être fournies à la demande :

- carte de la nappe phréatique
- carte des perméabilités
- carte des textures, etc.

### **13 - ACQUISITIONS ET APPLICATIONS DES CONNAISSANCES : METHODOLOGIES DE RECHERCHES ET DE VULGARISATION.**

#### **- Méthodologies de recherches.**

##### **La cartographie pédologique et/ou morpho-pédologique.**

La morpho-pédologie est une démarche visant à analyser les diverses composantes du milieu physique (climat, relief, matériaux, végétation, érosion, sols) et la manière dont ces composantes interfèrent.

La cartographie pédologique et/ou morpho-pédologique apparaît comme indispensable à l'augmentation de nos connaissances dans les différents domaines de la science du sol : compréhension des mécanismes, des processus, mise en évidence de l'évolution, du fonctionnement et du comportement des sols, de leur distribution dans le paysage et des relations qui existent entre eux.

Elle contribue étroitement à l'amélioration de la définition et de la classification des sols, ainsi qu'à l'utilisation rationnelle et à la conservation des ressources en sols.

D'une manière générale, la cartographie des sols répond essentiellement à différents types de problèmes se rapportant à la détermination des *aptitudes culturales*, à la *mise en valeur des sols*, à la *justification et implantation d'expérimentations agronomiques*, aux *amendements et fumures*.

## L'approche agronomique et l'approche agro-pédologique.

En ce qui concerne la conduite des recherches sur la fertilité des sols en rapport avec les pratiques culturales et le comportement des cultures, il y a lieu de distinguer deux approches, d'inspiration agronomique ou agro-pédologique.

### L'approche agronomique.

Elle privilégie au niveau du sol, l'étude des caractéristiques ou paramètres de fertilité intervenant dans la satisfaction des besoins de la plante : eau et éléments nutritifs absorbés, ou déterminant un environnement favorable ou non pour le fonctionnement nécessaire : caractéristiques physiques et physico-chimiques.

L'échelle de travail privilégiée est celle de la parcelle ou du champ de culture. Les recherches visent à l'analyse des liaisons entre les traitements culturaux, les caractéristiques de fertilité du sol et les rendements des cultures. Elles cherchent également à établir des bilans ou des modèles, lorsque l'on se préoccupe de fonctionnement et d'évolution du sol.

Les données obtenues correspondent principalement à des déterminations quantitatives exprimées en terme de moyenne représentative d'une étendue de terrain (en général l'hectare). Cette approche peut être qualifiée de globalisante, considérant le sol à un niveau d'échelle qui est classiquement celui des interventions agronomiques. Elle s'intéresse en priorité à un groupe de caractéristiques apparaissant comme causes directes de la capacité de production, mais qui ne se situent, en général qu'au second rang dans la chaîne des causalités de la fertilité édaphique.

### L'approche agro-pédologique.

Cette approche, qui doit compléter la précédente, apparaît plus spécifique de la démarche pédologique. Elle se développe en concordance avec la conception "structuraliste" appliquée à la couverture pédologique et au système sol / plante. Elle vise à une connaissance approfondie de l'état des sols, de leur fonctionnement et de leur évolution en relation avec les contraintes et les comportements des cultures.

L'approche pédologique s'efforce de lier les propriétés et le comportement cultural des sols et leurs manifestations agronomiques à leurs causes, jusqu'au niveau le plus fondamental où les recherches touchent à la nature et à l'organisation des constituants du sol et à leur modification sous les effets combinatoires et cumulatifs des pratiques culturales.

### - Méthodologie de vulgarisation.

Les résultats jugés confirmés en milieu contrôlé ont alimenté les actions de diffusion menées au début sous l'égide de l'unité de communication et de valorisation du Département de Recherche Rizicole puis par le Département Recherche Développement du FOFIFA.

Les résultats ont été catégorisés en deux types :

- Les résultats vulgarisés ou vulgarisables ;
- Les résultats pré-vulgarisables.

Les démarches effectuées sont :

- Contacts direct avec les paysans ;
- Test de démonstration - Visites des tests par les paysans environnants ;
- Collaboration avec les Circonscription de Vulgarisation Agricole (CIRVA) ;
- Collaboration avec l'Opération de Développement Rural dans la région d'Antsirabe - Ambositra (ODRI)
- Collaboration avec les projets Petits Périmètres Irrigués (PPI).

## II - LES FACTEURS DE PRODUCTION.

### 21 -Particularités géomorphologiques et topographiques des milieux naturels : espaces longilignes et grandes plaines d'ennoyage.

Les Hautes Terres frappent par la densité remarquable de bas-fonds plats et de plaines alluviales, occupant presque toutes les vallées d'un modelé accidenté et se classant parmi les "espaces longilignes".

La majorité des vallées présentent un profil transversal en auge alluviale, comprenant un bas-fond assez large, profondément colmaté, dominé par des versants dont la pente supérieure est plus raide que la pente inférieure. Celle-ci se trouve souvent adoucie par un matériau colluvial considérable.

Dans le détail, les vallées offrent généralement un profil en long moins régulier. Celui-ci se traduit par des biefs relativement plats séparés par des seuils rocheux peu importants mais suffisamment élevés pour avoir provoqué en arrière un remblaiement alluvial prononcé. Lorsque le phénomène de colmatage est très accusé, il donne naissance à de larges zones marécageuses, comme celles qui caractérisent le domaine oriental de l'Imerina.

Les envergures des réseaux de vallées et de vallons affluents sont liées dans l'ensemble aux conditions lithologiques, modifiées par endroits par des phénomènes tectoniques qui ont affecté le socle de façon localisée.

L'incision des vallées qui résulte du travail de l'érosion présente des formes variées : les vallées larges, plus ouvertes de la région de l'Imerina, contrastant avec les entailles étroites et souvent profondes de la région du Betsileo.

En dehors de ces espaces longilignes, on peut observer un grand nombre de grandes plaines d'ennoyage, dues à la fermeture ou au rétrécissement de l'exutoire naturel. Le blocage a favorisé en amont de l'alluvionnement et le déficit de drainage dans le niveau de base locale ainsi formé. Liées soit à des mouvements tectoniques (plaine d'Ambohibary - Sambaina), soit à un phénomène de barrage volcanique (plaine de Betafo, bassin intramontagnard de Faratsiho), soit à une phase lacustre (bassin d'Antsirabe), soit encore à un phénomène volcano-tectonique (bassin du Lac Itasy), ces zones dessinent à l'échelle régionale de remarquables unités naturelles qui contrastent avec l'aspect digité des vallées.

## 22 - Typologie des bas-fonds ; Répartition des sols.

D'une façon très schématique, les bas-fonds peuvent se classer en fonction de leur position dans le réseau de la façon suivante :

a) **LES BAS-FONDS PRIMAIRES** : (sans affluent, ou seulement quelques diverticules en "doigts de gants" peu étendus) : ils sont terminés en amont par des amphithéâtres très nets. Leur largeur est de l'ordre de 25 à 50 mètres, leur pente est forte (3 à 5%). De plus, ils sont généralement tourbeux. Il n'y a jamais de cours d'eau individualisé.

b) **LES BAS-FONDS SECONDAIRES** : ils résultent de la réunion de 2 bas-fonds de plus de 500 mètres de long. Leur largeur est d'environ 50 à 150 mètres et leur pente longitudinale est encore forte (2 à 3%). Ils sont encore tourbeux avec un faible recouvrement argileux colluvio-anthropiques. Ces bas-fonds ne présentent pas de cours d'eau individualisé.

c) **LES BAS-FONDS TERTIAIRES** (d'ordre 3) : ils résultent de la coalescence de 3 bas-fonds primaires (non compris les petits "doigts de gants" de moins de 500 mètres de long). Ces bas-fonds ont une largeur de 150 à 250 mètres et une pente transversale de 1 à 2%. Le matériau est formé d'une couche colluvio-alluviale limono-argileuse d'environ 40 - 60 cm d'épaisseur reposant sur une tourbe assez évoluée ou un limon tourbeux non spongieux. Les bas-fonds ne sont généralement pas encore entaillés (absence de cours d'eau), sauf de façon artificielle par les paysans (drains latéraux surtout). On observe des sols hydromorphes minéraux à gley, à soubassement tourbeux évolué.

d) **LES PETITES PLAINES ALLUVIALES**, de 250 à 400 mètres de long, à pente longitudinale de l'ordre de 1%. Un cours d'eau de 1 à 2 mètres de profondeur divague au milieu de la plaine, quand il n'a pas été rectifié et recreusé artificiellement ; il est alors bordé d'un double bourrelet de remblai. Le matériau alluvial de remplissage (décantation) est le plus souvent assez homogène, limono-argileux, poreux, sans discontinuité texturale (lentilles sableuses) donc à bonnes propriétés hydrodynamiques et où la remontée capillaire se fait sans aucune difficulté.

Ce dépôt peut être relativement riche en matière organique en surface (6 à 15%) mais il n'est jamais tourbeux. Par contre, on retrouve presque systématiquement en profondeur, entre 40 et 100 cm, un niveau organique noirâtre qui peut être soit un "anmoor" soit une tourbe réelle, soit un limon tourbeux. En dessous, se trouve généralement un matériau sableux, lavé, fluant, gorgé d'eau en permanence qui est soit l'horizon micacé en place, soit le remblai ancien sablo-grossier ou micacé.

Ce dernier substratum se trouve le plus souvent en bordure de la plaine, et en contrebas des lambeaux de terrasses anciennes. Il y a dominance des sols hydromorphes minéraux à gley à soubassement tourbeux évolué.

e) **LES LARGES PLAINES ALLUVIALES** : il ne s'agit plus de bas-fonds au sens strict mais de larges gouttières de remblaiement alluvial, de 400 à 1000 mètres de largeur, de pente faible, généralement inférieure à 1 %. Un cours d'eau assez important enfoncé de 2 à 3 mètres dans les alluvions serpente dans la plaine.

Les alluvions sont de type classique où la disposition des couches reflète les différences de compétences des crues et des changements de lits, c'est-à-dire qu'elles montrent des variations texturales fréquentes et des niveaux sableux. Mais ceux-ci s'observent plutôt en profondeur, en dessous de 50 cm. La dernière phase de l'alluvionnement est toujours fine (limoneuse à limono-argileuse).

La teneur en matière organique des alluvions est très variable suivant les positions où on se trouve dans les vallées.

On observe une association de sols peu évolués d'apport alluvial et de sols hydromorphes minéraux à pseudogley et/ou à gley formés sur de matériaux alluviaux à texture hétérogène.

**f) LES VALLEES DES GRANDS FLEUVES** : La rivière sinueuse est enfoncée de 2 à 4 mètres dans ces alluvions. Ces plaines ont des largeurs variables entre 500 mètres et 3 km.

La nappe alluviale récente est un "baiboho", c'est-à-dire une bande à dynamique fluviale active, à chargement de lits, inondée par les crues et où les sédiments micacés sont formés d'une alternance de couches sableuses, argileuses, limoneuses à limites tranchées.

Il existe de larges cuvettes de décantation, cuis de sacs sans exutoires où stagnent les eaux des crues, à sols hydromorphes à gley d'ensemble.

Le plus souvent, la plaine est formée de sols hydromorphes minéraux à gley profond.

Remarque sur les grandes plaines d'ennoyage des niveaux de base locaux : si au niveau des bas-fonds et vallées alluviales, une classification relativement cohérente et hiérarchisée est possible, en ce qui concerne les plaines de niveau de base, cela semble beaucoup plus difficile.

## **23 - CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES SOLS DE BAS-FONDS**

Mis à part les sols formés sur des matériaux volcaniques de fertilité naturelle acceptable et localisés principalement dans la région d'Antsirabe, de Betafo et de l'Ankaratra, les sols hydromorphes des Hautes Terres sont dérivés surtout de matériaux ferrallitiques et de tourbes.

Les principales caractéristiques sont consignés dans le tableau 1.

On note :

- une faible capacité d'échange ;
- une faible réserve en cations ;
- une déficience sévère en phosphore couplée avec un pouvoir fixateur de P élevé ;
- une déficience en azote (N) dans les sols minéraux et légèrement organiques ;
- une décomposition limitée de la matière organique ;
- une faible disponibilité des éléments nutritifs sous une basse température.

La déficience en phosphore est combinée avec la teneur faible en K assimilable dans les sols présentant de la toxicité ferreuse. Des déficiences en S et Zn sont détectées dans des zones localisées.

Des observations de profils pédologiques et des analyses de sols prélevés dans 82 sites répartis dans sept vallées et bas-fonds des Hautes Terres menés conjointement avec FOFIFA ont permis de faire une classification des sols hydromorphes basée sur la teneur en matière organique (Roche, 1991 et PEM/FAO 1992).

On a distingué 4 classes de sols :

- Sols hydromorphes minéraux avec 0 - 4% de matière organique (teneur faible) ;
- Sols hydromorphes moyennement organiques avec 4 - 8% de matière organique (teneur moyenne) ;
- Sols hydromorphes organiques avec 8 - 14% de matière organique (teneur élevée) ;
- Sols hydromorphes très organiques avec plus de 14% de matière organique (teneur très élevée).

Les caractéristiques des quatre classes sont consignés dans le tableau 2. Si le taux d'Argile + Limon fin", la teneur en P extractible à la résine et le taux de saturation en Al sont élevés, le pH H<sub>2</sub>O décroît avec l'augmentation de la teneur en matière organique.

Les autres caractéristiques des sols comme la capacité de fixation de phosphore, la teneur en S assimilable et le taux d'Al échangeable sont également élevés tandis que la teneur en fer libre décroît avec la remontée du taux de matière organique.

Cette classification est très pratique mais elle n'a pas tenu compte du régime hydrique qui joue un rôle important aussi bien dans la productivité et dans la diversité des cultures que dans la réponse des cultures à la fertilisation (Rabeson et Balasubramanian, 1993).

#### - Le "Stock" en azote (N) :

La teneur en azote total est étroitement liée au taux de matière organique. elle va de 0,16% dans les sols hydromorphes minéraux à 1,06% dans les sols tourbeux (Table 1). Cependant les taux de décomposition de la matière organique et de la minéralisation de l'azote sont limités dans les conditions de basse température des Hautes Terres.

#### - Le "Stock" en phosphore (P) :

La teneur en phosphore total, la capacité de fixation en P et le P assimilable sont liées à la fertilité du sol. Tous ces trois paramètres sont étroitement corrélés à la teneur en matière organique (Table 1), indiquant que la matière organique est le facteur principal contrôlant la disponibilité du P dans les sols.

Le phosphore extractible à la résine est très bas (4,9 à 6,4 mg/kg) dans les sols hydromorphes minéraux et moyennement organiques.

La capacité élevée de fixation de P (1200 à 2000 mg/kg) dans les sols hydromorphes organiques et dans les sols tourbeux contrebalance les niveaux moyens en P assimilable (8,0 à 11,2 mg/kg) (Roche, 1991). Ainsi, la majorité des sols des Hautes Terres est déficiente en P ; cela limite sévèrement la productivité des cultures et la fixation biologique de N.

La déficience en P est souvent associée avec la toxicité ferreuse et la faible teneur en cations.

#### - Le "Stock" en bases (cations) et l'acidité des sols :

La capacité d'échange des cations (CEC) est basse (2,9 à 4,2 cmol/kg) indiquant une faible teneur en bases. La CEC est positivement corrélée avec l'argile et le limon fin ; elle est négativement corrélée avec la teneur en sable et le potassium (K) total mais pas avec la matière organique (Roche, 1991).

La teneur en K assimilable est faible (0,08 à 0,10 cmol/kg).

La saturation en Al du complexe d'échange augmente de 13,5% dans les sols hydromorphes minéraux à 44,1% dans les sols tourbeux (Table 1). La même tendance est valable en ce qui concerne l'acidité des sols.

#### - Le "Stock" en éléments secondaires et en traces :

On note une déficience en soufre dans tous les sols sauf dans les sols hydromorphes organiques et les sols tourbeux ayant un taux de M.O. supérieur à 8% (Roche, 1991 - Rabeson, 1991). La teneur en Zn assimilable est basse et elle décroît avec l'augmentation de la M.O. (Table 1).

#### - La toxicité ferreuse :

Le manque de drainage couplé avec la teneur très élevée en matière organique provoque une concentration de fer soluble induisant un phénomène de toxicité ferreuse dans les sols. La faible teneur en nutriments et la déficience en phosphore aggrave l'effet de la toxicité ferreuse sur le développement et le rendement des cultures, notamment le riz (Rabeson, Razafinjara, Ratsimandresy 1994).

## 24 - LA NUTRITION DES PLANTES.

Des essais de fertilisation à long terme étaient conduits dans les Hautes Terres durant les années 1950 et 1970 (Arrivets et Razafindramonjy 1980). Ces essais ont fourni des informations très utiles sur la fertilisation des sols de rizières.

Cependant ils ont utilisé de fortes doses de fertilisation sous des conditions idéales (bonne maîtrise d'eau, etc.).

Les contextes socio-économiques actuels ne permettent plus de suivre ces conseils de fertilisation. C'est ainsi que des essais de fertilisation à long terme, conduits dans le cadre d'un réseau de programme international (INSFFER/INSURF) de l'IRRI ont commencé à partir des années 1985/86 et se sont fixés comme objectif principal d'étudier la réponse du riz sous différents types, doses et modes d'apport d'engrais minéraux, combinés ou non avec des fumures organiques. Les données analytiques initiales des sites représentatifs des Hautes Terres sont consignés dans le tableau 2.

#### - Les essais de fertilisation à la station de Mahitsy : 1985/86 - 1990/91)

Les résultats (Tableau 3) indiquent la nécessité, sous une culture continue de riz, d'apporter une formule de fertilisation à base de N combinée à K. Notons que la mauvaise réponse à P est prévisible, étant donné que la fertilisation antérieure a imprimé au sol une teneur élevée en P assimilable (Bray-II P = 54 mg/kg). L'apport respectif de Zn, de S, de dolomie et de fumier de parc sur le traitement NPK, pendant quatre ans, n'était pas bénéfique (Tableau 4). Il n'y a pas de réponse au zinc.

- Les essais de fertilisation en milieu paysan de Mahitsy :

Les essais indiquent la nécessité d'apporter NP ou NPK pour obtenir un rendement élevé (3200 kg/ha) (Tableau 5). L'apport de fumier de parc sur le traitement NPK permet un supplément de rendement de 356 kg/ha. Le S est indispensable. Il n'y a pas de réponse au zinc.

- Les essais de fertilisation en milieu paysan de Talata Antsirabe :  
(1986 / 87 - 1990 / 91)

Les résultats montrent la réponse très nette du riz à l'apport de N (Tableau 6). L'apport de Zn par trempage des racines de plantules de riz donne un petit supplément de rendement de 158 kg/ha (Tableau 7).

L'origine volcanique des matériaux parentaux a conféré au sol une fertilité naturelle convenable et ne permet pas la réponse du riz à la fertilisation à base de P ou de K.

- Les essais de fertilisation en milieu paysan de Manjakandriana :  
(1987 / 88 - 1989 / 90)

Les sols du site d'expérimentation sont pauvres en cations et présentent une teneur élevée en fer soluble, causant la toxicité ferreuse.

Les résultats indiquent la nécessité d'apporter du fumier de parc en complément des engrais minéraux. Le traitement NPK + Fumier donne chaque année le meilleur rendement (Tableau 8).

La réponse au soufre ou à la dolomie n'est pas nette. L'apport de Zn par trempage des racines permet un supplément de rendement assez consistant (283 kg/ha).

- Les essais courbe de réponse à NPK en milieu paysan de Mahitsy et de Manjakandriana : (1987 / 88 - 1990 / 91)

On note une réponse proportionnellement positive à la dose croissante de N et de P (Tableau 9 et Tableau 10). Par contre, au-delà de la dose de 45 kg/ha de  $K_2O$ , on observe une chute de rendement du riz à Manjakandriana (Tableau 10).

- L'évolution de la fertilité des sols de bas-fonds.

L'évolution de la fertilité des sols dans des essais de fertilisation à long terme a été étudié par ARRIVETS et RAZAFINDRAMONJY (1980). Vingt cinq années de culture continue de riz avec fertilisation ( $N = 225$ ,  $P_2O_5 = 90$  et  $K_2O = 90$  par an) à Mahitsy améliorent le niveau de la matière organique, du P total et du P assimilable, du Ca total et du Ca échangeable et ne changent pas le niveau de N, Mg et K dans le sol (Tableau 13).

Il n'y a pas de changement perceptible dans les caractéristiques analytiques des sols au bout de 3 à 5 années de fertilisation.

Sans aucune fertilisation, les sols des rizières maintiennent un niveau de rendement de 1,5 à 2,0 t/ha de paddy, qui est comparable à ce qu'on trouve sur 25 années (ARRIVETS et RAZAFIMAMONJY, 1990).

## V - ASPECTS PHYTOSANITAIRES.

### 51 - En entomologie :

Les recherches portent sur les deux principaux ennemis du riz : le borer blanc et le pou du riz.

#### Le borer blanc :

La connaissance de la biologie, du comportement des larves et des adultes, de la dynamique des populations d'adultes et des parasites larvaires est actuellement acquise. La mise au point des méthodes de lutte intégrée reste la préoccupation de la recherche.

#### Le pou du riz :

La biologie, la physiologie, le mode d'attaque et la dynamique des deux espèces de poux du riz sont connues. La lutte chimique reste actuellement la seule méthode utilisée. On note la supériorité des pyrethrinoides tels que Decis, EC 25, 4n seul traitement au bon moment est nécessaire pour lutter contre ce prédateur.

Le meilleur moment d'intervention est entre le stade oeuf et jeune larve. On constate que le traitement systématique des pépinières se révèle plus économique que celui des rizières.

La détermination du seuil de nuisibilité et l'évaluation des pertes de rendement occasionnées n'ont pas encore donné de résultats concluants.

### 52 - Lutte contre les mauvaises herbes :

Pour le repiquage, trois herbicides ont été conseillés : 2,4 D, RIFTT et RONSTAR 25 EC. Ils permettent de contrôler les cypéracées annuelles pour les deux premiers ; l'*Ischiaemum rugosum* et les cypéracées pour le dernier.

Il est conseillé de faciliter le sarclage manuel par l'usage de la houe rotative.

### III - MISE EN VALEUR DES SOLS

#### 31 - GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

- Gestion de la fertilité des sols par des engrais minéraux :

##### Gestion de la fertilisation phosphatée :

A Madagascar, des essais de fertilisation sur le riz ont été conduits depuis 1930. Les résultats ont montré que P était le principal nutriment limitatif dans les sols de rizière des Hautes Terres. La déficience en P doit être corrigée pour permettre la réponse aux autres éléments nutritifs. Cela nécessite l'apport de 200 à 400 kg/ha de  $P_2O_5$  pour produire 90% du rendement maximum. Il sera suivi par une dose d'entretien de 45 à 60 kg /ha de  $P_2O_5$  pour chaque culture (VELLY et AL. 1967). Ces mesures ne sont pas à la portée des producteurs actuels.

Des essais récents (1985 -91) de fertilisation phosphatée (FOFIFA -DRR, 1992) ont montré que le trempage des racines et l'incubation de P avec de petites quantités d'engrais sont des modes d'apport très efficaces (Tableaux 11 et 12). Le trempage des racines dans une pâte boueuse contenant une dose de 30 kg/ha de  $P_2O_5$  donne un rendement équivalent à 60 kg/ha de  $P_2O_5$  apporté par épandage (Tableau 11). A une dose de 30 kg/ha de  $P_2O_5$ , la productivité de P (kg de paddy par kg de nutriment) est de 40 à 43 pour le trempage des racines et de 21 à 27 pour l'épandage (Tableau 12).

##### Gestion de la fertilisation azotée et phosphatée (NP) :

Dans les essais de fertilisation conduits durant les années 1960 et 1970, la réponse à N est positive jusqu'à 120 kg/ha pour les variétés locales de riz et jusqu'à 180 kg/ha pour les variétés améliorées (IRAT - IRAM, 1970). Il est à noter que la maîtrise de l'eau était parfaite.

Des essais conduits durant les années 1985/86 à 1990/91 indiquent que les sols riches en P (station de Mahitsy et Talata Antsirabe) ont besoin uniquement de l'apport de N à la dose de 60 à 90 kg/ha. Un apport de P et de K respectivement à la dose de 30 à 45 kg/ha est nécessaire pour les sols déficients en P et présentant une toxicité ferreuse de Manjakandriana. On note uniquement l'apport de P (60 kg/ha) en complément de N dans la région de Mahitsy.

Les essais de fertilisation conduits sur 82 sites des Hautes Terres durant les années 1987 -91 ont montré que les doses optimales de N et de P varient avec les types de sols et plus particulièrement avec la teneur en matière organique (PEM/FAO, 1992).

L'analyse confirme que la réponse au phosphore est élevée sur tous les types de sols. La réponse à l'azote par contre, est très forte sur les sols à faible teneur en matière organique (< 4%) ; elle diminue avec l'augmentation de cette teneur pour être faible sur les sols à teneur élevée (> 8%). L'étude des interactions confirme le rôle prépondérant de l'azote en sol minéral et du phosphore en sol organique mais aussi la nécessité d'un apport minimum de l'autre élément pour être valorisée (PEM/FAO, 1992).

Les résultats consignés dans le tableau ci-dessous montrent pour les trois types de sols l'optimum économique en N et  $P_2O_5$ , les rendements, l'indice de productivité (IP) pour N +  $P_2O_5$  et les RCV calculés sur les prix 1989.

Données économiques estimés par type de sols :

Type de sol	Optimum économique		Rendement du témoin ○ - ○ - ○	Rendement Optimum économique	Indice de productivité (IP)	RCV
	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	(kg/ha)	(kg/ha)	N+P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Teneur en M.O. (%)						
Faible < 4%	131	88	3134	7252	19	5,3
Moyenne 4 - 8%	110	83	3425	6112	14	4,0
Elevée > 8%	50	99	2813	4649	12	3,4

#### Gestion de la fertilisation potassique :

La réponse à K est positive jusqu'à 45 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Cela pourrait s'expliquer par l'apport de K issu des réserves minérales et organiques du sol et qui couvrirait les besoins de la plante. L'utilisation de fumier de parc, des pailles de riz, etc. pourrait compenser les besoins du riz en cet élément, même sous une dose très élevée d'azote (FOFIFA DRR, 1992).

#### - Gestion de la fertilité des sols par l'utilisation intégrée d'engrais minéraux et de fumure organique :

L'apport de fumier de parc (5 t/ha) en complément de NPK est nécessaire pour maximiser le rendement du riz aussi bien dans la région de Manjakandriana (Tableau 8) que dans la région de Mahitsy (Tableau 5).

La complémentation d'une source de matière organique (paille, fumier, etc.) avec l'engrais azoté est meilleure que l'utilisation seule de cet engrais minéral (Velly, 1968, FOFIFA DRR - 1992).

#### - Gestion de la fertilité des sols par des méthodes agronomiques :

##### L'utilisation des cultures de contre-saison :

Le rendement du riz succédant une culture de contre-saison est nettement meilleur que celui pratiqué sur une rizière laissée nue pendant la saison sèche. La différence de rendement enregistré est de l'ordre de 400 kg/ha lorsque le riz suivant est fertilisé et de 280 kg/ha lorsqu'il ne l'est pas.

Le rendement du riz est encore meilleur après une culture de pomme de terre ou de haricot qu'après une culture de blé (FOFIFA DRR, 1992).

Dans le cadre de l'évaluation de l'adaptabilité et de la productivité d'engrais verts / cultures fourragères cultivées dans le cadre d'un système de culture à base de riz, quatre espèces se sont révélées les mieux adaptées :

- *Trifolium incarnatum* (trèfle cramoisie)
- *Trifolium pratense* (trèfle rouge)
- *Trifolium repens* (trèfle blanche)
- *Vicia sativa* (vesce).

### L'utilisation du fumier de parc :

En cas de non pratique d'une culture de contre-saison, il est conseillé de fumer et de labourer la rizière en fin de cycle en attendant la saison rizicole prochaine (FOFIFA DRR, 1992).

### L'utilisation des techniques culturales appropriées

Système de riziculture intensive (SRI) - Ecobuage - Billonnage :

L'utilisation de variétés améliorées et de meilleures techniques agricoles (date de semis, pépinières améliorées, âge et densité des plants, date de repiquage, sarclage et maîtrise d'eau, etc.) pourrait déjà assurer une augmentation considérable de la production rizicole nationale sans utiliser la fertilisation minérale dans les rizières (PEM/FAO, 1992).

En revanche, quand les variétés améliorées et les techniques agricoles sont utilisées avec l'application optimale des éléments nutritifs en fonction de la matière organique des sols, les rendements des rizières des Hautes Terres peuvent augmenter jusqu'à plus de 100% (PEM/FAO, 1992).

En riziculture aquatique d'altitude (Vinaninony), les conditions pédologiques limitantes sont liées aux fortes teneurs en matière organique et aux caractères andiques des sols. La seule pratique ayant une influence sur la croissance en tallage et au rendement du riz est l'écobuage couplé à l'apport d'éléments minéraux K, S et Zn (FOFIFA, DRR, 1992). L'écobuage consiste à faire brûler une partie de l'horizon superficiel du sol pour une meilleure minéralisation de la matière organique.

La technique du billonnage sur l'atténuation des effets de la toxicité ferreuse sur le rendement du riz s'est révélé très efficace si on dispose d'une bonne maîtrise de l'eau (bon drainage) au niveau des sols hydromorphes minéraux (FOFIFA DRR, 1992).

### - Gestion de la fertilité des sols par la méthode biologique :

L'azolla, une plante fixatrice de N enfoui immédiatement au repiquage à une dose d'inoculation de 2 kg/m<sup>2</sup> peut se substituer à l'apport d'azote minéral et apporte l'équivalent de 30 unités de N/ha (Rabeson et Rakotoarisoa, 1987).

Le phosphore apporté au sol de rizière est mieux valorisé par l'entremise de l'azolla (FOFIFA DRR, 1993).

L'apport cumulé d'azolla sur cinq années de riziculture dans un sol hydromorphe minéral tend à tripler le stock de matière organique et à doubler le taux d'azote total. La capacité d'échange s'est nettement améliorée (Rabeson, à paraître).

## 32 - AMENAGEMENT DES TERRES - AMENAGEMENT DES TERROIRS.

Dans l'ensemble, l'organisation de l'espace cultivé semble répondre à une loi d'équilibre entre les surfaces cultivées en riz et les superficies consacrées aux cultures sèches : dans les plaines, le riz domine le paysage par rapport à l'environnement moins exploité, et au contraire, vallées et vallons rizières sont cernés par des versants intensément cultivés.

La complémentarité entre les deux types de culture se traduit, dans le cadre de chaque espace villageois par des variations sensibles dans les structures agraires.

#### - Aménagement hydro-agricole :

La mise en valeur est une illustration d'adaptation efficace au milieu naturel, les variations de la topographie ayant été interprétées par les cultivateurs en terres hautes (*ambonirano*), en terres basses (*ambanirano*) et en zone intermédiaire. Chacune de ces unités naturelles porte une culture absolument analogue, repiquée et irriguée mais légèrement décalée dans le temps.

Les plaines d'Antananarivo connaissent ainsi trois saisons de culture ; la première saison, le *vary aloha*, une deuxième saison, le *vakiambiaty* et une saison intermédiaire, le *vary sia*.

Cet échelonnement des cultures tout au long de l'année confirme que les hommes ont remarquablement tiré parti du milieu topographique, tout en tenant compte de la pluviométrie.

Dans la zone du *vary aloha*, les aménagements hydro-agricoles sont beaucoup plus développés vers l'amont. L'infrastructure hydraulique a personnalisé les paysages agraires, les principales canalisations servant de lignes directrices sur lesquelles viennent s'appuyer les multiples parcelles.

Les exigences de l'irrigation ou du drainage se manifestent dans la parcellaire.

L'aménagement des terroirs *vakiambiaty* de plaine présente des parcelles plus irrégulières, commandées par les impératifs de la micro-topographie.

En définitive, la paysannerie a mis au point des systèmes d'irrigation et de drainage adaptés à chaque type de milieu cultivé. Les vallons secondaires par exemple ne sont pas réellement aménagés au point de vue hydraulique. Les besoins en eau des rizières sont essentiellement assurés par le ruissellement provenant des *tanety* qui se déverse dans un canal de collecte construit au pied du versant. La conduite de l'eau est alors guidée d'un casier rizicole à l'autre simplement par gravité. Les vallées plus larges sont généralement pourvues de drain principal, tandis qu'un barrage de retenue construit en amont de la vallée alimente un canal principal qui assure à son tour la circulation de l'eau vers les canalisations secondaires et tertiaires irriguant les parcelles.

#### - Aménagement des versants :

Dès que le relief ne présente pas de vallées largement ouvertes, l'exiguïté des vallons est compensée par la mise en valeur des *tanety*. La multiplicité des sources ou des suintements a grandement facilité le façonnement des *tanety* en terrasses. La transformation des versants en rizières étagées caractérisent généralement les régions les plus peuplées.

#### - Aménagement pour des cultures de contre-saison :

Sur les Hautes Terres, il est généralement difficile d'introduire une seconde culture annuelle de riz : le froid qui sévit du mois de juin au mois d'août avec des températures nocturnes pouvant descendre jusqu'à 0° C ne permet pas une seconde récolte sur les mêmes terres. Le problème s'est trouvé aggravé par l'assèchement des rizières pendant cette période. L'utilisation des cultures de contre-saison (pomme de terre tomate, carotte, haricot, ail, oignon, blé, etc.) à cycle végétatif suffisamment court pour pouvoir s'inscrire dans le laps de temps compris entre la récolte et le labour suivant prend de l'ampleur dans le paysage des bas-fonds. La fertilisation de ces cultures de contre-saison (fumure organique et/ou minérale) a un arrière-effet positif pour le rendement rizicole suivant.

## IV - ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES.

### 41 - PRESSIONS DEMOGRAPHIQUES SUR LES RESSOURCES .

Sur les Hautes Terres, l'exploitation des fonds de vallées remonte à des temps immémoriaux. La population provoque par sa densité l'exploitation des surfaces où la prééminence du riz se reflète dans la vie agricole.

Bien que les travaux exigés par le riz passent avant toutes les autres tâches agricoles, la diversité des cultures sèches des tanety nécessite un programme de culture qu'il est souvent difficile de respecter.

Par leur caractère vivrier complémentaire du riz, ces cultures accaparent de plus en plus les paysans. Et parce que leur cycle coïncide également avec la saison chaude, le calendrier agricole se trouve momentanément chargé.

### 42 - Administration - Législation :

L'exploitation des bas-fonds forme rarement une unité ou un tout homogène. Les terres consacrées au riz s'inscrivent le plus souvent dans un ensemble familial plus vaste, où les autres cultures ne sont pas toujours juxtaposées au riz. Ensuite, de multiples facteurs interviennent dans la diversification des espèces exploitées.

Bien avant la colonisation, il existait une sorte de système foncier : le droit coutumier et la terre des ancêtres.

Il existe actuellement trois grands types d'exploitation rizicole : l'exploitation familiale, de loin la plus répandue ; la concession paysanne et les grands domaines (très rares).

L'exiguïté des exploitations rizicoles et la dispersion des terres familiales ont pour corollaire la prédominance du faire-valoir direct.

Parmi les formes de faire-valoir indirect, le métayage est assurément le plus répandu, parce qu'il est en liaison étroite avec le départ de certaines familles.

	Faire-valoir direct	Métayage	Location et prêt
Plaine Antananarivo	88%	6,3%	5,6%
Zones de vallées	93,6%	1,6%	4,8%

## REFERENCES

Arrivets, J. et J.B. Razafindramony, 1980. Expérimentation 1974-79 sur la fumure du riz dans la Province de Tananarive ; DRA / CENRADERU - IRAT ; 1980, Madagascar. 36p + Annexe

Celton, J. et J. Marquette. 1972. Plaine de Tananarive : Résultats des essais agronomiques de la campagne 1971-72. Doc N° 359, IRAM/IRAT, Antananarivo, Madagascar : 14p.

Cope F. 1990. Rice response to fertilizers in Madagascar, 1989/1990 results. Consultancy report, 1990, FAO (AGLF) Rome, Italy

FOFIFA/DRR. 1992. Bilan de la recherche rizicole, 1984 - 1991. Département de Recherche Rizicole, FOFIFA, Antananarivo, Madagascar

FOFIFA/DRR. : Rapport d'activité 1992/93 ; 1993/94 ; 1994/95

Hooper, J.R. 1991. Progress of research in Madagascar : Toward identifying 75 low input technological improvements by 1995. Paper presented at Rice Res. Seminar, 4 april 1991. IRRI, Los Banos, Philippines. 21P. + Tables et Figures.

IRAM - IRAT . 1970. Rapport annuel 1970. Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar, Tananarive, Madagascar

Le Bourdieu, F. 1974 Hommes et paysages du riz à Madagascar. Etude de géographie humaine, Tananarive 648P

Oldeman, L.R. An agroclimatic characterization of Madagascar, ISRIC Technical Paper N° 21 ISRIC - FOFIFA - IRRI, ISRIC, Wageningen, The Netherlands. 40p + Annexe

PEM/FAO 1992. La fertilisation du riz irrigué sur les Hauts Plateaux de Madagascar : Résultats des essais de fertilisation conduits par le Programme Engrais Malagasy (PEM) (1987 -1991) PEM Direction de la Production Agricole, MINAGRI, Antananarivo Madagascar, 23P

Rabeson R. 1991 Le problème du soufre en riziculture de bas-fond des Hauts Plateaux Malgaches . In Bas-fonds et Riziculture, Actes du Séminaire CIRAD - FOFIFA, Antananarivo, Madagascar

Rabeson R. Rakotoarisoa J. et Razafinjara L. 1987 L'azolla, source de N en riziculture malgache.

Rabeson R. et Balasubramanian V. 1992 Nutrient management problems of rice soils in the Highland of Madagascar

Rabeson R. et al. 1992 Fertilization of rice soils : a review of long term fertility trials in the highland of Madagascar

Rabeson R. et Balasubramanian V. 1993 Soil fertility and sustainable rice farming research in the highland of Madagascar

Rabeson R., Razafinjara L. et Ratsimandresy, 1994, Les sols des rizières des Hautes Terres Malagasy : problématiques et approches agro-pédologiques

Ratsimandresy J. et al. Contributions à l'étude du problème du phosphore des sols de rizières des hauts plateaux malgaches. in Bas-fonds et riziculture, Antananarivo Madagascar

Raunet M., 1980, Les bas-fonds et plaines alluviales des Hautes Terres de Madagascar : Reconnaissance morpho-pédologique et hydrologique, IRAT 166p

Raunet M. 1985 Cartographie morpho-pédologique de cinq terroirs rizicoles des Hautes Terres de Madagascar : Aptitude à la culture du blé de contre-saison en rizière IRAT 44P + cartes

Raunet M. 1985 Bas-fonds et riziculture en Afrique : Approche structurale comparative L'agronomie tropicale 40(3) 181-202

Raunet M. 1991, Structure et fonctionnement d'un bas-fond rizicole sur les Hautes Terres de Madagascar in Bas-fonds et Riziculture, actes du séminaire CIRAD - FOFIFA Antananarivo

Razafinjara L., Characteristics of selected soils of Madagascar and influence of water regime on the chemical changes and growth of rice on a flooded iron toxic soil. MSc thesis, Univ of Philippines, Los Banos Philippines 183p .

Roche P. 1991 Interprétation des analyses de sols des échantillons des essais de fertilisation conduits par le Programme engrais Malagasy. Consultancy report PEM/FAO 24p

Velly J., J. Celton et P. Roche 1967 Summary of pot research on different soils of Madagascar (using corn or Pennisetum as a test plant) in Colloque sur la fertilité des sols tropicaux Antananarivo

Tableau 1 : CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DE QUATRE CLASSES DE SOLS DE BAS-FONDS DE HAUTES TERRES

Caractéristique	Minérale	Moyennement organique	Organique	Hautement organique
Classe de matière organique %	0 - 4	4 - 8	8 - 14	> 14
Argile + Limon %	48.30	47.40	53.40	68.50
Matière organique %	2.92	5.98	9.78	20.22
N %	0.16	0.29	0.45	1.06
P, mg/kg	517.00	1138.00	1243.00	1149.00
P, fix. cap.	690.00	994.00	1195.00	1965.00
Resin-extr P	4.88	6.38	7.98	11.19
CEC, cmol/kg	4.19	3.02	2.92	4.20
Ca, cmol/kg	1.92	1.43	1.33	1.89
Mg, cmol/kg	1.36	0.54	0.30	0.44
K, cmol/kg	0.08	0.10	0.09	0.09
Al, cmol/kg	0.49	0.57	1.02	1.73
Saturation Al	13.50	21.70	34.90	44.10
pH	5.60	5.40	4.90	4.90
Fe libre %	2.21	1.77	1.58	1.43
Fe, mg/kg	170.00	306.00	334.00	330.00
Zn, mg/kg	1.20	0.51	0.52	0.27
Soufre, mg/kg	2.50	3.13	6.37	17.90

Tableau 2 : DONNEES ANALYTIQUES INITIALES DES TROIS SITES DES ESSAIS DE FERTILISATION A LONG TERME 1985/86

Caractéristique	Profondeur	Mahitsy Station	Talata Ansirabe	Sambaina Manjakandiana
Argile, %	0 - 20	36.00	37.00	49.00
	20 - 50	23.00	43.00	46.00
Limon, %	0 - 20	34.00	33.00	21.00
	20 - 50	27.00	41.00	21.00
Sable, %	0 - 20	30.00	30.00	30.00
	20 - 50	50.00	16.00	33.00
pH	0 - 20	5.60	5.50	4.90
	20 - 50	5.80	5.60	4.50
Matière Organique, %	0 - 20	5.60	13.10	5.70
	20 - 50	4.20	9.10	5.70
N, %	0 - 20	0.39	0.35	0.40
	20 - 50	0.25	0.27	0.40
Ca, cmol/kg	0 - 20	3.42	-	0.81
	20 - 50	2.11	-	0.31
Mg, cmol/kg	0 - 20	0.67	-	0.20
	20 - 50	0.33	-	0.07
K, cmol/kg	0 - 20	0.11	-	0.09
	20 - 50	0.05	-	0.02
CEC, cmol/kg	0 - 20	13.10	30.20	10.20
	20 - 50	10.80	24.80	11.80
P (Bray-II), mg/kg	0 - 20	34.00	-	6.40
	20 - 50	46.00	-	17.00
P (Olsen), mg/kg	0 - 20	11.00	13.00	5.30
	20 - 50	5.80	13.00	7.00
Zn assimilable, mg/kg	0 - 20	0.09	-	1.20

Tableau 3 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (KG/HA) DE L'ESSAI DE FERTILISATION A LONG TERME A LA STATION DE MAHITSY (1985-1991)

Traitement	1985/86		1986/87		1987/88		1988/89		1989/90		1990/91		Moyenne
000	2496	d	2205	b	1935	d	3153	b	4275	d	3247	c	2885
N00	3827	a	2760	b	2963	abc	4784	a	5115	bc	3850	bc	3883
0P0	2855	cd	2368	b	2584	cd	3404	b	4789	cd	3429	c	3238
00K	2927	bcd	2841	b	2517	cd	3013	b	4870	cd	3351	c	3253
NP0	3563	abc	2854	b	3612	a	4577	a	5411	bc	4427	ab	4074
0PK	2843	cd	2584	b	2774	bc	3001	b	5195	bc	3582	c	3330
NOK	3599	ab	3734	a	3328	ab	5006	a	6521	a	4507	ab	4449
NPK	3887	a	3720	a	3585	a	4887	a	5682	b	4680	a	4407
Moyenne	3250		2883		2912		3978		5232		3884		3690

**Tableau 4 : RENDEMENT EN PADDY (KG/HA) SUR 4 ANNEES DES TRAITEMENTS CHOISIS A LA STATION DE MAHITSY (1987/91) AVEC CLASSEMENT SELON DMRT A 5%**

Traitement	1987/88		1988/89		1989/90		1990/91		Moyenne
000	1935	b	3153	bc	4275	b	3247	b	3152
NPK	3585	a	4887	a	5682	a	4680	a	4708
NPK + Zn 5	3829	a	2906	bc	5655	a	4094	ab	4121
NPK + S 20	3639	a	3683	bc	5898	a	4457	a	4419
NPK + DOL	3910	a	2746	c	5790	a	4140	ab	4146
NPK + FUM	4099	a	3734	b	5411	a	4380	a	4406
Moyenne	3499		3518		5452		4166		4159

**Tableau 5 : RENDEMENT EN PADDY (KG/HA) DE L'ESSAI DE FERTILISATION A LONG TERME EN MILIEU PAYSAN 1987/91 AVEC CLASSEMENT SELON DMRT A 5%**

Traitement	1987/88		1989/91		1990/91		Moyenne
000	2097	e	2745	c	1488	d	2110
N00	2625	de	2744	c	1935	cd	2434
NP0	3234	bc	3773	ab	2814	a	3274
OPK	2949	cd	2786	c	1907	cd	2548
NOK	3031	cd	3205	bc	1867	cd	2701
NPK	3545	bc	3692	ab	2570	ab	3269
NPK + Zn 5kg/ha	3761	b	3673	a	2151	bc	3262
NPK + S 20kg/ha	3815	ab	4003	a	2706	ab	3508
NPK + FUM	4356	a	3924	a	2625	ab	3635
Moyenne	3268		3416		2229		2971

**Tableau 6 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (G/HA) DE L'ESSAI DE FERTILISATION A LONG TERME DANS LA STATION DE TALATA ANTIRABE 1987/91 AVEC CLASSEMENT SELON DMRT A 5%**

Traitement	1986/87		1987/88		1988/89		1989/90		1990/91		Moyenne
000	3965	abc	3567	bc	3200	e	4053	a	3337	b	3624
N00	3725	bc	5519	a	5310	a	4615	a	4009	ab	4636
OP0	4445	ab	4231	b	4200	ab	4346	a	3320	b	4108
00K	4725	a	4173	b	3860	ab	4419	a	3678	ab	4171
NP0	3513	c	4125	b	4750	ab	4736	a	3862	ab	4197
OPK	3675	bc	3471	c	4890	ab	4614	a	3612	ab	4052
NOK	4068	abc	4942	a	4650	ab	4956	a	4229	ab	4569
NPK	4513	ab	5077	a	5490	ab	4029	a	4127	a	4567
Moyenne	4078		4388		4494		4471		3772		4241

**Tableau 7 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (G/HA) DE L'ESSAI DE FERTILISATION A LONG TERME DANS LA STATION DE TALATA ANTIRABE 1987/91 AVEC UN TRAITEMENT INCLUANT LE ZINC**

Traitement	1987/88		1988/89		1989/90		1990/91		Moyenne
000	3567	cd	3200	e	4053	b	3337	c	3539
N00	5519	a	5310	a	4615	ab	4009	bc	4863
OP0	4231	bc	4200	ab	4346	ab	3320	c	4024
00K	4173	cd	3860	ab	4419	ab	3678	bc	4033
NP0	4125	cd	4750	ab	4736	ab	3862	bc	4368
OPK	3471	cd	4890	ab	4614	ab	3612	bc	4147
NOK	4942	ab	4650	ab	4956	a	4229	ab	4694
NPK	5077	a	5090	ab	4028	b	4127	abc	4581
NPK + Zn 2%	3404	d	5640	a	5078	a	4833	a	4739
Moyenne	4279		4621		4538		3890		4332

Tableau 8 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (KG/HA) DE L'ESSAI DE FERTILISATION A LONG TERME A SAMBAINA MANJAKANDRIANA 1987/90 AVEC CLASSEMENT SELON DMRT A 5 %

Traitement	1987/88		1988/89		1989/90		Moyenne
000	1371	f	1250	e	1296	e	1306
N00	1912	e	1467	e	1299	e	1559
0P0	1948	de	1467	cde	1876	cd	1830
00K	1407	f	1533	de	1442	de	1461
NP0	2397	bc	2167	b	1876	cd	2213
0PK	2020	de	1967	bcd	2309	abc	2099
N0K	2129	cde	1600	cde	1443	de	1724
NPK	2417	bcd	2233	b	2092	bc	2248
NPK + Zn 2%	2886	b	2433	ab	2273	abc	2531
NPK + S 20kg/ha	2561	bc	2033	bc	2417	ab	2337
NPK + DOL 500kg/ha	2561	bc	2400	ab	1551	de	2171
NPK + FUM 500kg/ha	3350	a	2767	a	2742	a	2954
Moyenne	2264		1960		1885		2036

Tableau 9 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (KG/HA) DE L'ESSAI COURBE DE REPONSE A MAHITSY 1987/91

Traitement Variétés	1987/88 1632	1988/89 2067	1989/90 2787	1990/91 2787	Moyenne
Courbe de réponse à N (avec 60P, 45K, 20S) :					
00*	1270	2260	2082	846	1614
0	1300	2610	2678	1394	2043
30	-	-	2867	-	2867
45	1700	3660	3136	2056	2638
60	-	-	3854	-	3854
90	2540	4550	-	2341	3143
135	3410	4900	-	2922	3744
Courbe de réponse à P (avec 60N, 45K, 20S) :					
0	1880	3260	2678	2002	2455
45	1790	3900	2840	2246	2694
90	2170	4000	3611	2800	3145
135	2090.00	5970.00	3963	3382	3851
Courbe de réponse à K (avec 60N, 60P, 20S) :					
0	2400.00	3670.00	2935	2192	2799
45	2430.00	3600.00	3259	2273	2890
90	2550.00	3800.00	3368	2679	3099
135	2660.00	4100.00	3435	2505	3175

00\* = Témoin absolu

Tableau 10 : RENDEMENT MOYEN EN PADDY (KG/HA) DE L'ESSAI COURBE DE REPONSE A SAMBAINA MANJAKANDRIANA 1987/91 AVEC CLASSEMENT SELON DMRT A 5%

Traitement	1987/88		1988/89		1989/90		1990/91		Moyenne
Courbe de réponse à N (avec 60P, 60K) :									
00*	1198	c	1300	d	1129	d	1594	c	1305
0	1895	ab	1916	cd	1577	cd	3114	b	2076
45	1700	bc	2100	bc	1707	b	3872	ab	2343
90	2146	ab	2767	ab	1883	bc	3860	ab	2664
135	2369	a	2267	bc	2617	a	4636	a	2972
Courbe de réponse à P (avec 90N, 60K) :									
0	1700	bc	1117	d	1156	d	1840	b	1453
45	2007	ab	1420	cd	1955	ab	3290	a	2168
90	1923	ab	2600	bc	1956	ab	4025	a	2626
135	2369.00	a	3133	a	2476	ab	4106	a	3021
Courbe de réponse à K (avec 90N, 60P) :									
0	1701.00	bc	1867	cd	1570	bc	3624	a	2191
45	2341.00	a	2467	bc	2038	ab	4365	a	2803
90	2313.00	a	2883	ab	2011	ab	3457	a	2654
135	2312.00	a	2500	bc	2617	a	4262	a	2923

00\* = Témoin absolu

Tableau 11 : REPONSE DU RIZ AUX MODES ET DOSES D'APPORT DE PHOSPHORE A SAMBAINA MANJAKANDRIANA 1985/89

N P2O5 K2O, kg/ha	Mode d'apport de P	Rendement en Paddy, kg/ha				
		1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	Moyenne
0 - 0 - 0	-	2533 d	840 c	914 c	1110 d	1352
60 - 0 - 60	-	3700 c	841 c	1096 c	1580 c	1800
60 - 30 - 60	Epandage	3900 bc	1543 b	2303 b	2190 d	2432
60 - 30 - 60	Trempage	4250 ab	1992 a	3034 a	2560 a	2962
60 - 30 - 60	Epandage	4430 a	1425 b	2376 b	2210 b	2610

Source N : Urée, P2O5 : supertriple, K2O : KCl

Tableau 12 : PRODUCTIVITE MOYENNE DE L'ENGRAIS PHOSPHATE (kg de paddy/kg de P2O5) SELON LES SOURCES ET LES MODES D'APPORT A SAMBAINA MANJAKANDRIANA 1986/90 (calcul FOFIFA/DRR, 92)

Essai	P2O5, kg/ha	Source de P	Productivité		
			Epandage	Trempage	Incubation
A - 1986/88	30	SPT	21.2	40.4	-
	60	SPT	14.4	-	-
B - 1988/90	30	SPT	26.6	43.3	-
	60	SPT	16.5	-	-
	30	HYPER RENO	20.5	30.3	-
	30	11 - 22 - 16	7.7	27.3	-
	30	16 - 16 - 16	33.1	5.3	-
	30	HYPER RENO	32.7	-	-
C - 1988/90	30	SPT	63.3	66.8	68.9
	60	SPT	35.3	-	-
	30	HYPER RENO	58.5	51.8	59.6
	60	HYPER RENO	32.7	-	-

E : Sol minéral avec faible capacité de fixation de P  
SPT : Supertriple

Tableau 13 : CHANGEMENT DE FERTILITE DES SOLS SOUS FERTILISATION CONTINUE DU RIZ PENDANT 2,5 ANS A MAHITSY. (Echantillons de sol pris en Juin 1978) (D'après ARRIVETS et RAZAFINDRAMONJY, 1980)

Caractéristiques des sols	Traitements			
	Control	PK	PK + N90	PK + N225
Matière Organique (g/kg)	39.700	40.500	41.000	42.500
N (g/kg)	3.700	3.500	3.400	3.400
Carbone humique (g/kg)	4.100	4.400	-	5.100
Carbone Fulvique (g/kg)	5.000	5.200	-	5.400
P Total (g/kg)	0.690	0.887	0.904	0.860
P Olsen (g/kg)	0.179	0.262	0.310	0.266
Chang & Jackson P fraction :				
Al-P (g/kg)	0.210	0.262	-	0.297
Fe-P (g/kg)	0.083	0.105	-	0.109
Ca-P (g/kg)	0.022	0.057	-	0.044
Ca échangeable (cmol/kg)	1.300	1.900	1.600	1.800
Mg échangeable (cmol/kg)	0.500	0.500	0.400	0.500
K échangeable (cmol/kg)	0.120	0.130	0.130	0.130
Ca Total (cmol/kg)	1.800	2.800	-	2.500
Mg Total (cmol/kg)	3.300	3.100	-	3.200
K Total (cmol/kg)	0.410	0.440	-	0.420

# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

LA FERTILITE

DES SOLS DE TANETY

Texte de Jean Louis RAKOTCMANANA

## B - Aspects Socio-économiques

### B1 - Pressions démographiques sur les Tanety

Les terres de premier choix sont constituées par les bas fonds rizicultivables et les colluvions. Les pentes sont occupées en deuxième temps. Ces terrains sont actuellement tous utilisés. Il y a amorce d'intensification (11). Au fur et à mesure de la croissance démographique, on assiste à l'extension sur des terres marginales. L'augmentation des conflits fonciers est une indication de la situation des surfaces cultivables. En dernier lieu c'est l'émigration comme c'est le Cas d'Antanifotsy-Fandriana) (12).

Années	1990	1995	2005	2015	2025
Surface "arable" par habitant-are	26	22	16	11	8
Densité au km <sup>2</sup> arable	295	332	418	527	665
Surface "arable" par rural	34	30	24	19	15

### B2 - Pratiques traditionnelles de gestion des sols.

#### a - Occupation des terrains.

Les différentes unités du paysage sont occupées différemment (17, 18, 19).

Division	Utilisation traditionnelle	Evolution
Bas fonds	- Riziculture en saison de pluie - Zone de pâturage en inter saison - Rendement moyen = 2 à 3T/ha	<u>Intensification</u> - Cultures de contre saison (blé, pomme de terre, cultures maraîchères) avec fertilisation organique et minérale - Système de riziculture intensive - Maîtrise de l'irrigation
Colluvions	Cultures maraîchères - Plantes tubercules (taro, manioc, patate douce) légumineuses	<u>Diversification</u> - Pomme de terre, Petits pois, Cornichon, Concombre Fertilisation organique et minérale
Pentes des versants	Cultures sèches (Manioc, patate douce) sans intrants	<u>Extensification</u> - Diminution de la fertilité et érosion Abandon des terres dégradées
Sommets des versants	Cultures sèches d'appoint - zones de pâturage et feux de brousse	<u>Extensification</u> Ouvertures de nouvelles terres de cultures mais rapidement épuisées

\* PDRA 1994 (p.2.1)

b - Les techniques.**Techniques paysannes de gestion des sols**

Les paysans d'Ambatolampy construisaient un mur de 1m de haut avec des mottes. Les boeufs étaient parqués dans cet enclos pendant quelques mois. Au bout de ce temps, on retournait la terre et on plantait du maïs et des patates douces. Sans cette technique, les rendements étaient pratiquement nuls.

Dans la région voisine d'Andramasina, on adapte cette technique pour accueillir les boeufs de passage = Les bouses sont ramassées et utilisées soit en rizières, soit sur les cultures de colluvions.

Les paysans d'Avaratrambolo, Talata-Volonondry, ont largement amélioré la fertilité des terrasses maraîchères en apportant des doses massives de fumier (30 à 50 T/ha) et un peu d'engrais minéral. La haute fertilité de ces terres contraste nettement avec la pauvreté des sols des tanety avoisinants.

\* Labour de défriche plusieurs mois (une saison de pluie) avant mise en culture;

\* Apport et enfouissement de résidus de sarclage des rizières;

\* Enfouissement de feuilles d'eucalyptus sur patate douce;

\* Cultures associées - Maïs -haricot/ Manioc - haricot

\* Jardin de case (fruitiers) ou mini-vergers en tête de vallon;

\* Identification de "terre à arachide", terre à maïs";

\* Fumure organique sur cultures commerciales (haricot, voanjobory);

\* Cultures maraîchères en dérobee (valorisation du fumier);

\* Aménagement en terrasses;

\* Transfert de fertilité (13).

Le rôle économique de l'élevage, surtout du porc et du zébu (14) doit être souligné. Il y a accumulation des épargnes agricoles dans les animaux (porc puis zébus) avant de les réinvestir en équipements. La diminution du cheptel bovin est perçue comme un grand handicap pour l'amélioration de l'exploitation et l'obtention de bons rendements.

Tableau n° 3 : Bilan de la fertilité concernant quelques éléments biochimiques.

Eléments	Gains	Pertes	Bilan
Carbone	Faibles	Fortes	Négatif
Azote	Faible	Moyenne	Négatif
Phosphore	Très faible	Faible	Négatif
Calcium	Très faible	Faible	Négatif
Calcium	Faibles	Faible	Négatif
Potassium	Faibles	Moyennes	Négatif

### **C - Productivité des sols en gestion traditionnelle**

La faible productivité de l'agriculture paysanne est reconnue et doit être expliquée.

*Tableau n° 4 : Productivité des principales cultures en système paysanal.*

Culture	Importance	Observations
Manioc	Deuxième culture de subsistance Cultivée partout sauf en haute montagne	Cultivé en tête de rotation 3 à 10 tonnes/ha en vert Cycle de 18 à 30 mois.  Une culture exigeante en matière organique / fumier et qui n'en bénéficie pas.  Sols pauvres et appauvris, avec des densités de plantation de 30 cm x 30 cm.
Légumineuses à graines	Cultures vivrières et cultures commerciales - Haricot - Voandzou - Arachide	400 à 1000 kg/ha Souvent en intercalaire avec une autre culture (manioc, et maïs), parfois Bénéficient d'un peu d'apport de fumier ou de cendres au poquet. Cultures commercialisables.
Maïs	Culture vivrière, importante en altitude. En régression à cause de la fertilité des sols	300 à 1200 kg/ha Culture largement pratiquées dans le vakinankaratra, et apparentée au jardinage dans d'autres zones. Rendement très faible sans apport d'intrants et de fumier. Ecobuage (Ramassage de bouse de vache séchées qu'on brûle dans des poquets = lutte contre l'acidité et apport d'éléments fertilisants par la cendre). Culture continue dans certaines zones
Patate douce	Deuxième tubercule d'importance vivrière utilisé aussi pour le petit élevage	2 à 8 tonnes/ha Cycle de 4 à 8 mois Bénéficie parfois de fumier, mais le plus souvent de la litière non décomposée. Infestation par un insecte foreur de tubercule.

Le secteur commercial est constitué principalement par les cultures maraîchères (brèdes, haricot vert, concombre, cornichons, oignons, tomate, petit pois, etc.) (15, 16). La productivité est élevée grâce à l'utilisation massive d'intrants organiques et minéraux (17) quoique les doses ne soient pas toujours maîtrisées correctement. Les fruitiers sont bien développés dans certaines zones mais ne bénéficient pas d'entretien en rapport avec leur contribution au budget du ménage.

#### **d - Modification des techniques culturales**

La bonne productivité des sols de tanety est encore vivace dans l'esprit des "anciens" qui ont vécu dans une situation de faible dégradation des ressources. A l'heure actuelle, la productivité est très faible, la raison principale invoquée étant le manque d'intrants. On constate également des pratiques agronomiques dégradantes : Cultures continues de manioc ; durée de jachère insuffisante ou jachère ineffective ; dispositifs anti-érosifs inexistantes.

#### **B3 - Organisations paysannes.**

De nombreux groupements paysans voient actuellement le jour, qu'ils soient formels (déclarés auprès de l'administration) ou informels. Ils ont des cocations tous azimuths.

- Associations des usagers de l'eau (Gestion des réseaux d'irrigation)
- Associations par spéculation (planteurs de riz, de pomme de terre, reboiseurs, etc.)
- Associations des éleveurs (santé animale ; commercialisation du lait)
- Associations des parents d'élèves
- Associations de crédit mutuel (crédit à caution solidaire, épargne rurale)
- Associations à objectifs sociaux (pharmacie communautaire, grenier villageois).

#### **B4 - Economie**

On chiffre généralement à 10 ares de rizière par personne (soit 250 kg par personne et par an si le rendement est de  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) le seuil de l'autosuffisance en riz pour l'exploitation. En réalité, avec ou sans excédent, une partie de ce riz est vendue. Une certaine quantité est achetée par la suite à un prix plus élevé. Au fur et à mesure de la diminution des surfaces en rizière par personne, une proportion croissante de l'alimentation et des revenus provient des tanety, de l'élevage et d'autres activités.

On note une adaptation rapide des exploitants agricoles à la monétarisation de l'agriculture. Quand ils disposent d'approvisionnement, de crédit, de prix rémunérateurs, qu'il y a fluidité dans la circulation des produits, les exploitants n'ont pas peur d'appliquer des techniques d'intensification, de produire pour vendre et d'acheter ce qu'ils ne produisent pas. Dans le cas contraire l'exploitant cherche avant tout à satisfaire ses propres besoins et se retourne alors naturellement vers la rizière pour sa propre consommation de riz et les cultures sur tanety de substitution au riz (patate douce, manioc...), méprisant les limites écologiques des cultures.

Le riz ne finance que très peu souvent le riz. D'une façon générale, volailles et légumes génèrent des revenus pour les dépenses courantes. Les cultures de contre-saison, la vente de porcins ou de bovins sont sources de revenus concentrés. Ce sont ces rentrées qui permettent l'amélioration de l'exploitation : achats de charrue, charrette, vache laitière. Blé, orge et porcins sont utilisés comme une marche permettant de passer à un étage supérieur de productivité.

*Le coût des intrants est une source de préoccupation pour les agriculteurs.  
L'absence de crédit, de route et de débouchés ne favorise pas l'intensification.*

#### **B5 - Administration - Législation**

Les Tanety prédominent dans le paysage et occupent plus de 90 % des surfaces. La Direction des domaines et de propriété foncière s'occupe de leur gestion sur le plan juridique. Faute d'appropriation dûment instituée, on constate actuellement l'augmentation du nombre de litiges fonciers portés devant le tribunal.

Les Feux de brousse constituent le coeur de la législation. Mais son efficacité est faible (21). On a souvent parlé de vocation des terres sans préciser exactement ce que cela voulait dire et comment on devait l'appliquer ;

*Une procédure d'immatriculation a été mise au point au projet Imamba Ivakaka pour accélérer le processus et éviter les conflits nés d'actions individuelles et purement "administratives".*

*Il manque une législation sur les ressources naturelles. L'eau, le sol, les plantes non cultivées n'ont pas de propriétaires désignés et souffrent toujours de mauvaise gestion.*

*La détermination de la responsabilité des collectivités locales et des particuliers dans la gestion et l'utilisation des ressources locales mérite une plus grande précision pour déterminer qui peut faire quoi, et où .*

## C - Le sol, facteur de production.

Dans tout ce qui va suivre, il faut faire remarquer qu'on a affaire avec un système à carences multiples et donc qu'il faut appliquer un ensemble de techniques et surtout ne pas s'en tenir à une seule.

### C1 - Caractéristiques des sols ferrallitiques (22)

<b>TYPE :</b>	<b>Sols ferrallitiques fortement désaturés ou moyennement désaturés</b>	
	<b>Oxysols, Ultisols (USDA)</b>	<b>Ferrasols, Acrisols (FAO)</b>
<b>Minéral dominant (Argile)</b>		<b>Kaolinite, oxydes Al, Fe</b>
<b>Capacité d'échange "</b>		<b>2 - 8 meq/100g</b>
<b>pH</b>		<b>4,0 à 4,8 ; 4,8 à 5,5 et &lt; 5,5</b>
<b>Réserve cations</b>		<b>Faible</b>
<b>Toxicité Al</b>		<b>Elevée</b>
<b>Rétention anions</b>		<b>Fixation élevée de P</b>
<b>Micro éléments</b>		<b>Faibles</b>
<b>Matière organique</b>		<b>Faible</b>
<b>Infiltration eau</b>		<b>Elevée possible</b>
<b>Eau disponible aux plantes</b>		<b>Faible</b>
<b>Lessivage des éléments nutritifs</b>		<b>Elevé</b>
<b>Pénétration des racines</b>		<b>Limite physique ou chimique</b>

## C2 - Caractéristiques chimiques des sols ferrallitiques.

Voici, à titre d'exemple les résultats d'analyses chimiques des horizons de surface de deux sols ferrallitiques, l'un sur basalte (volcanisme ancien) et l'autre sur socle cristallin (gneiss).

*Tableau n° 5 : Caractéristiques chimiques des horizons de surface de deux sols ferrallitiques des Hautes Terres.*

	Ambohimandroso	Ampangabe
<b>Matière organique</b>		
C total (% x 1,72)	6,13	2,43
N total (%)	0,26	0,10
<b>Phosphore (mg kg<sup>-1</sup>)</b>		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	782	700
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Olsen	22	17
<b>Acidité</b>		
pH H <sub>2</sub> O (1/2,5)	4,45	5,25
<b>Cations échangeables</b>		
Ca (cmol kg <sup>-1</sup> )		
Mg	0,40	0,10
K	0,10	0,05
Na	0,14	0,06
Al	0,07	0,01
Saturation Al (%)	2,00	0,60
	74	73

Le tableau n° 6 indique les carences minérales dans les grands types de sols des Hautes Terres (24).

*Tableau n° 6 : Carences minérales par grand type de sol.*

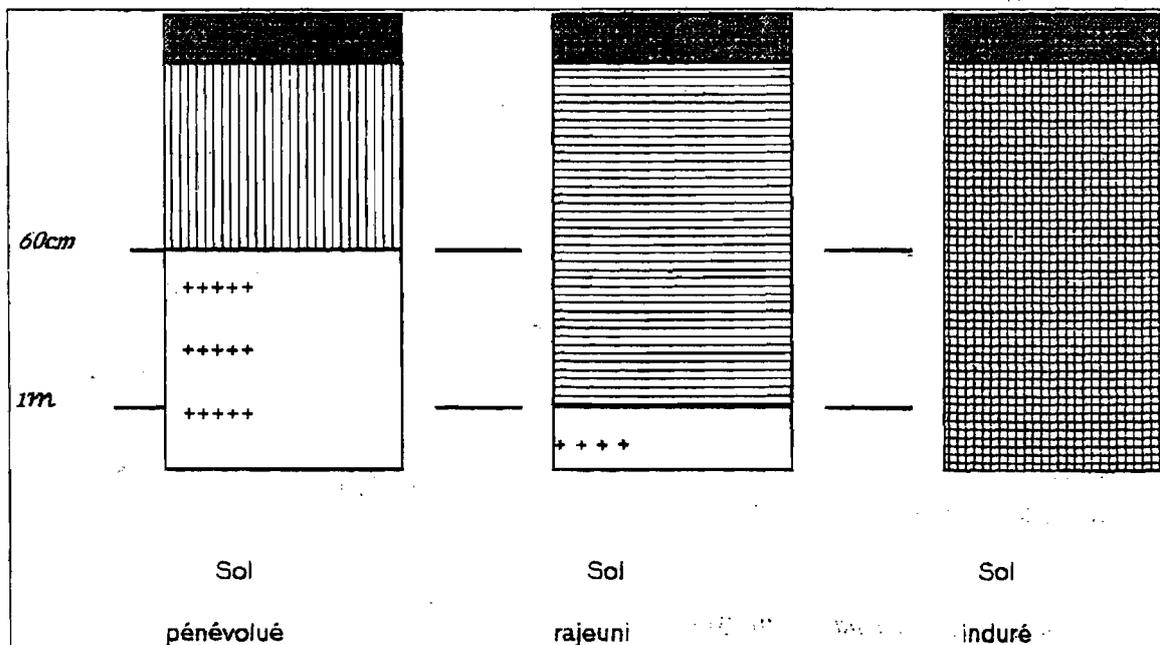
Type de sol	Carence très grave	Carence grave	Carence moyenne	Carence faible
Sol ferrallitique induré	P Ca	K	Mg S (K)	OE
Sol ferrallitique typique	P	Ca - K		
Sol ferrallitique remanié (umarbeitet)	P (Ca)	(K)	(K) - (Mg)	S.OE
Sol ferrallitique fortement rajeuni	P (Ca)	(K) (Mg)	(K)	OE-S
Sol hydromorphe	(P)		K OE	Ca Mg S
Sol jaune Andosol	P			K Ca Mg S

sans parenthèse : carence fréquente ; avec parenthèse : carence occasionnelle.

### C3 - Les différentes hypothèses de la fertilité

#### L'hypothèse "géomorphologique" dans la fertilité des sols (25)

Bourgeat et al ont étudié les relations entre les reliefs, les types de sols et la productivité sur les Hautes Terres (25). Ils ont mis en évidence l'importance de l'épaisseur de l'horizon B dans la limitation de la capacité productive des sols. Les types de sols sont alors identifiés en fonction de l'importance de la troncature des couches supérieures.



Trois grands types de sols ressortent de ces études :

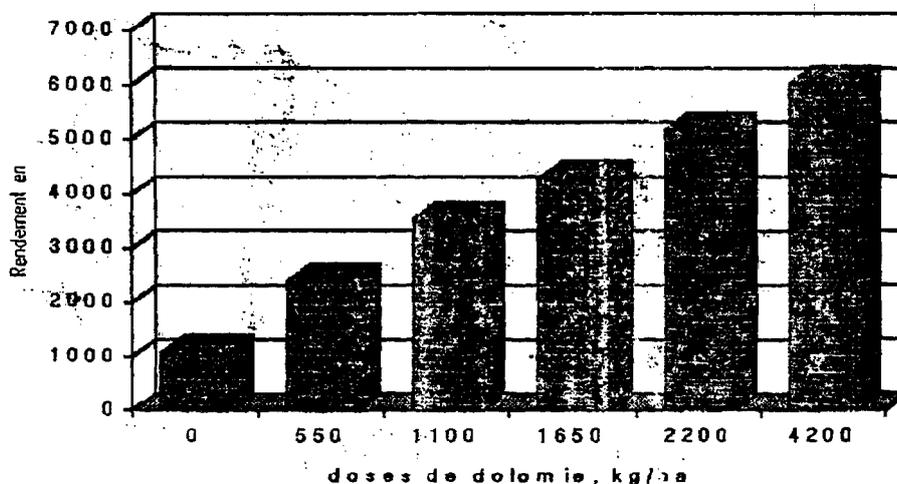
- *Les sols pénévolués*, à horizon B de faible épaisseur et horizon C rencontré à moins de 60 cm de la surface. Cesont les meilleurs sols.
- *Les sols rajeunis*, à horizon B assez profond et horizon BC/C se trouvant vers 1 m de profondeur : sols de qualité moyenne.
- *Les sols anciens*, (indurés, concrétionnés) à horizon B profond et horizon C situé à plus de 2m de profondeur : sols de qualité médiocre.

*Les paysans ont compris et appliqué cette hypothèse en choisissant leurs parcelles mais pas les techniciens.*

### L'hypothèse de la "Toxicité Aluminium" dans la fertilité des sols (26, 27).

La quantité d'Aluminium échangeable varie énormément entre les sols acides mais représente toujours un problème. Dans les sols ayant un pH inférieur à 4,5, l'aluminium échangeable occupe un pourcentage important de la capacité d'échange cationique, mais le niveau toxique ne peut être séparé de la carence en calcium ou de la toxicité en manganèse. C'est un problème rencontré fréquemment dans les horizons inférieurs des sols des Hautes Terres. On lutte contre l'acidité en apportant des amendements calcaires et de la matière organique. Parfois, on pratique l'écobuage.

Effet des doses de dolomie sur le maïs



*Le premier problème de la gestion des sols sur les Hautes Terres, c'est l'ACIDITE.*

### L'hypothèse de la "matière organique" dans la fertilité des sols (28).

La matière organique joue un rôle fondamental dans les sols ferrallitiques de part son influence sur la structure, la rétention en eau, la capacité d'échange cationique et la fourniture d'azote. Mais la matière organique reflète aussi le dynamisme au sein de l'écosystème et constitue un indicateur important de fertilité. L'analyse du cycle du carbone montre que le sol perd par minéralisation plus de 2T de carbone par an - soit plus de 3T de matière organique qui doivent être compensés par des apports neufs, représentés par près de 10 Tonnes de biomasse (racines, résidus de récolte, chute de feuilles, fumier, compost, etc...). Sans cet apport, le taux de carbone baisse dans le sol avec toutes les conséquences de déstructuration, effondrement de macropores, diminution de la capacité de rétention en eau et de la capacité d'échange cationique. L'apport de matière organique améliore la disponibilité du phosphore et atténue la toxicité de l'aluminium.

### L'hypothèse des "Eléments minéraux" dans la fertilité des sols (29).

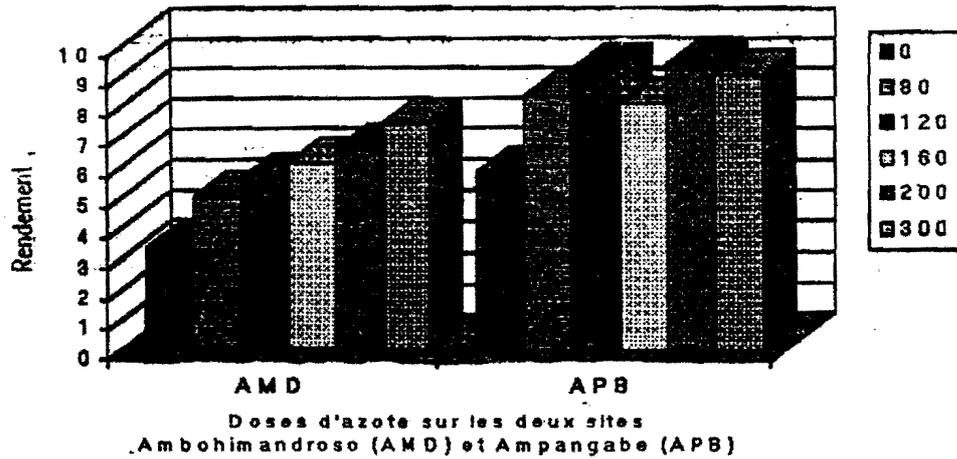
Les sols ferrallitiques disposent de faibles réserves minérales (éléments totaux), en plus des faibles cations échangeables. Une amélioration durable de la productivité des sols ne peut être réalisée qu'en améliorant ces réserves. D'où le besoin d'apports d'engrais minéraux (surtout Ca, P, K, Mg) en complément des apports organiques.

*Le relèvement des éléments minéraux nutritifs et leur recyclage dans l'écosystème doit faire partie des techniques de gestion des sols.*

### L'hypothèse Azote dans la fertilité des sols (30).

Les besoins en azote des cultures varient en fonction des rendements visés, mais seulement après correction des carences minérales.

Rendement du maïs en fonction de la dose d'azote



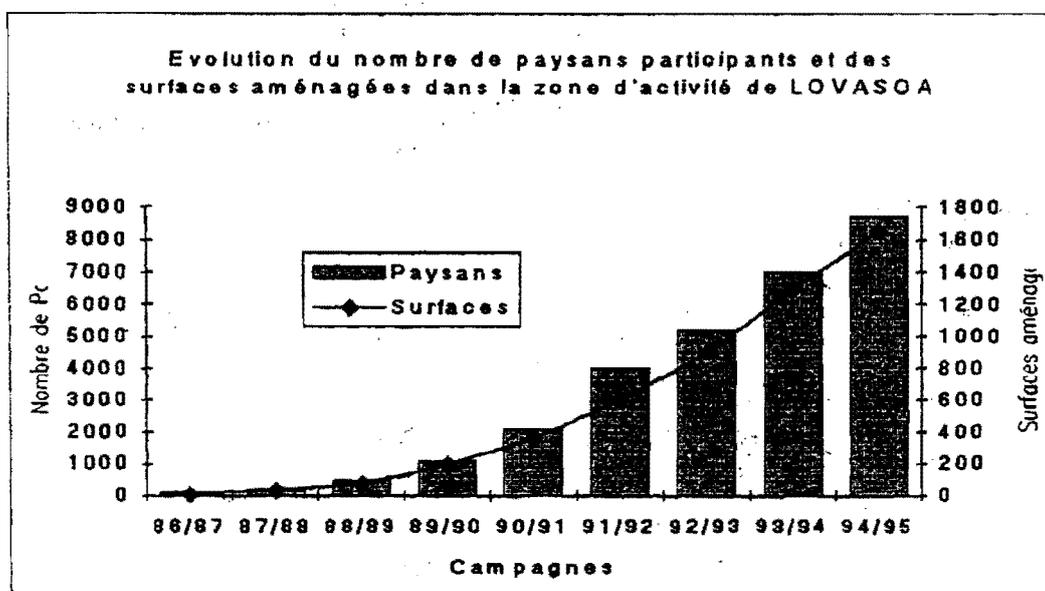
Après correction des carences minérales, on peut faire monter la dose d'azote. Dans cet essai les rendements les plus faibles enregistrés sont de 0,38T (Ambohimandroso) et 1,13 T (Ampangabe) obtenus dans le traitement sans K (N-P-Dolomie) / unité de surface.

## D - MISE EN VALEUR DES SOLS.

### D1 - Aménagement des terres

Il existe un grand nombre d'actions ponctuelles concernant l'aménagement de parcelles qui ont commencé avec la Vallée Témoin au Lac Alaotra en 1955 (31) et à la Sakay (Babeville) par la suite. La gestion du terroir semble actuellement à l'honneur avec ses différentes dimensions :

- x Dispositifs anti-érosifs
- x Rotations culturales y inclus Jachère
- x Aménagement de l'eau
- x Production de fumure organique
- x Reboisements.



Chez les paysans encadrés par LOVASOA, la superficie moyenne des parcelles protégées est de 20 ares, occupées essentiellement par les cultures suivantes : voanjobory, haricot, manioc, maïs.

### D2 - Amélioration et entretien de la fertilité des sols - par des mesures chimiques.

#### Systeme HIGH INPUT.

Les techniques proposées actuellement (32) et plus ou moins appliquées comportent:

- la correction de l'acidité par apport de 500 kg à 2000 kg de dolomite et apport d'entretien de 250 à 500 kg/an ;
- l'apport de fumier bien décomposé, 5 à 10 T/ha par culture ;
- l'apport de phosphore - en fumure de fond si possible avec 300 à 400 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha et 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> par an en entretien.
- l'apport d'azote variant de 60 à 120 unités suivant les cultures.

Ces diverses pratiques peuvent se traduire par des augmentations de production et des améliorations de la qualité du sol.

Tableau n° 6 : Augmentation de rendement prévisible dans un système high input.

Pratiques	Gains de production	Amélioration du sol
Amendement avec 500 kg/Ha de dolomite	500 kg à 1000 kg de maïs grain	Le pH s'élève de 0,5 unité Les racines s'enfoncent plus en profondeur Meilleure disponibilité du phosphore
Fumier 5 T/Ha	équivalent 0 à 600 kg de maïs grain	Compensation du carbone minéralisé Amélioration de la structure Apport de N, P, K. Solubilisation du P fixé
Phosphore (60u)	équivalent à 1000 kg d'arachide	Augmentation du P soluble
NPK 120 - 60 - 60	+ 1000 à 2000 kg de maïs grain	Accélération de la minéralisation de la matière organique et comparaison du sol.

### Systèmes LOW INPUT.

Dans ces systèmes, on essaie de remonter progressivement la fertilité du sol par de faibles apports d'engrais en liaison avec des pratiques de fumure organique, de restitution de résidus de récolte et des jachères améliorées ou des plantes de couverture.

### D3 - Amélioration et entretien de la fertilité des sols - par des mesures agronomiques.

#### - Compost

Lovasoa recommande 20 T/ha de compost. L'utilisation effective de fumure organique sur tanety cultivées représente en moyenne 8,6 T/ha, représentant 40 % de la fumure organique produite durant la campagne. Le principal obstacle est la collecte de biomasse (33).

#### - Fertilisants locaux

Les fertilisants locaux comme la poudre d'os et le guano ne sont plus disponibles sur le marché. Des engrais organico-biologiques sont vendus mais peu utilisés.

#### - Rotations de culture (34)

Pour le riz pluvial, le choix d'un bon précédent cultural conditionne la réussite de la culture. Il est préconisé la rotation maïs - arachide - riz pluvial ou manioc - arachide - riz pluvial sur les hauts plateaux. Pour le maïs, le précédent légumineuse s'est montré favorable. Le manioc est souvent planté en tête de rotation surtout après un engrais vert de *Crotalaria*.

### D4 - Entretien et amélioration de la fertilité des sols - moyens biologiques

#### Gestion des sols avec des Plantes de couverture

Des expérimentations sur la gestion des sols avec des couvertures végétales sont en cours dans les régions des Hautes-Terres Centrales (FOFIFA, Centre FAFIALA) et de l'Ankaratra (FIFAMANOR, ONG Tafa). Ces actions sont appuyées par le CIRAD (Brésil, La Réunion) et par Intercoopération - Suisse.

Ces recherches portent sur des systèmes de cultures intégrant les couvertures permanentes et mortent et le semis direct des cultures. Les principaux effets attendus de ces couvertures portent sur la restauration de la fertilité, la lutte contre l'érosion et la conservation de l'eau.

Plusieurs espèces ont pu être identifiées : *Cassia rotundifolia* et *Arachis pintoï* (Hautes-Terres Centrales), *Lotus uliginosus*, *Trifolium semipilosum*, *Arachis pintoï* et *Desmodium uncinatum* (région Antsirabe) et *Macroptilium atropurpureum* (région sud-ouest).

L'expérimentation montre que l'installation des couvertures est possible simultanément avec le semis des cultures. Des résultats prometteux ont été obtenus quant à la gestion et le contrôle des couvertures avec l'application d'herbicide à faible dose et par voie mécanique.

La jachère améliorée peut être utilisée pour améliorer la fertilité des sols. Les espèces utilisées sont :

- *Tephrosia vogelii* pour une production abondante de biomasse;
- *Crotalaria grahamiana* pour jachères améliorées de 2 ans.
- *Mimosa invisa*, *Mucuna utilis*, *Pueraria javanica*, *Desmodium intortum* et *uncinatum*, *Phaseolus lunatus*, *Lablab purpureus*, etc.
- *Melinis minutiflora*, *Chloris gayana*, *Brachiaria spp.*, etc.

Il existe peu de données quantitatives sur les effets de ces systèmes biologiques.

Les aires protégées (36), les forêts classées ainsi que les stations forestières pourraient contribuer davantage au renforcement de l'amélioration des sols en tant que réservoirs de ressources phytogénétiques.

#### **D5 - Entretien et amélioration de la fertilité des sols - moyens agroforestiers.**

Les Systèmes agroforestiers suivants sont les plus utilisés dans les différents projets (37):

- Haies vives
- Jachères
- Bosquets
- Jardins de case (Agroforêts) - Fruitière
- Parcelles de ligneux fourragers
- Arbres d'ombrages.

Les expérimentations menées dans les stations du FOFIFA ont fait ressortir que dans les vieilles parcelles de caféiers, le rendement du café sans fertilisation stagnait à 250 -350 Kg/Ha. La régénération de ces plantations par recépage ainsi que la constitution de nouvelles parcelles avec l'installation de banquettes de *Flemengia* a restauré la fertilité du sol : la production a pratiquement doublé avec 500 - 700 Kg de CM/Ha. Le paillis de *flemengia* remplace l'apport d'engrais, assure le recyclage minéral et contrôle les mauvaises herbes.

Le tableau n° 7 donne la liste des espèces utilisables dans les différents dispositifs agroforestiers.

**E - Méthodologies.****E1 - Méthodologie de Recherche**

- a) - Caractérisation des sols / sites
- b) - Expérimentations sur la fertilité
- c) **Monitoring bio-physique**

- Traitements testés
- Suivi des propriétés morphophysiques
- Suivi des propriétés chimiques
- Suivi socio-économiques

**Monitoring socio-économique .****Productivité**

Coûts de production  
Coûts de main d'oeuvre  
Pertes de récoltes

**Sustainability**

Bénéfice/Ha  
Rentabilité / unité de travail  
RCV

**Acceptabilité**

Evaluation paysanne

**Equitabilité****Monitoring des systèmes agroforestiers (éléments ligneux et vivriers)**

- |                     |                      |                       |
|---------------------|----------------------|-----------------------|
| - Taux de survie    | - Vigueur            | - Enracinement        |
| - Phénologie        | - Carences           | - Attaques            |
| - Croissance        | - Biomasse           | - Réaction aux coupes |
| - Réaction aux feux | - Propriété des Sols |                       |
|                     | - Modification flore |                       |

**E2 - Méthodologie de vulgarisation / formation**

- Training and visit
- Formation des cadres
  - Formation formelle (FAFIALA - ESSA - Stages de mémoires)
  - Formation informelle
    - x Documentation
    - x Visites (extérieures - intérieures)
    - x Colloques / Conférences
- Formation des techniciens
  - . Techniciens formateurs
  - . AMRT (Atelier mensuel de Revue de Technologie)
  - . Visites
  - . Formation sur le tas
- Formation des paysans
  - . Séances d'analyses et de formation
  - . Visites de réalisations

## F - Perspectives pour l'amélioration et l'entretien de la fertilité des sols de Tanety.

### Les scénarios

*Tableau n° 8 : Les principaux scénarios pour une meilleure gestion des sols de tanety.*

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
<b>TYPE</b>	<b>Agriculture avec intrants monétaires</b>	<b>Agriculture biologique</b>	<b>Elevage associé à l'agriculture</b>	<b>Agroforesterie</b>
<b>Composantes</b>	Chaulage Fertilisation minérale Gestion du sol Amélioration du sous-sol	Rotation jachère Cultures intercalaires Variétés tolérantes à l'acidité Labour minimum Complément minéral	Production de fumier Races adaptées (lait) Espèces tolérantes à la pauvreté des sols	- Arbres et arbustes en lignes, en bosquets - Cultures pérennes (fruitiers, etc...) - Cultures vivrières
<b>Conditions</b>	Sols les plus fertiles Infrastructures routières Marché des intrants et des produits Crédit agricole		Marché des produits de l'élevage Stabulation permanente ou semi-permanente Soins vétérinaires	- Main d'oeuvre abondante - Sols assez fertiles et sous-sols accessibles aux racines - Marché local d'approvisionnement
<b>Principal Critère d'évaluation</b>	Rentabilisation du capital	Rentabilisation de la terre	Rentabilisation de la force de travail	Rentabilisation de la force de travail
<b>Exemple</b>	Schéma 60 ares	SOKAJY FOTOTRA Antsirabe	Actions vaches laitières - FIFAMANOR - BEVALALA - SOANAVELA	Projet Terre d'Avenir Isorana - CAPR

Lors des études de ces différents scénarios, on aura soin de déterminer des modalités de travail comprenant :

- La caractérisation et suivi de la fertilité
- Le suivi des effets à long terme des intrants agricoles
- L'efficacité des systèmes agroforestiers.

Le pâturage naturel se présente comme l'expression visuelle et exploitable des conditions écologiques qui prédominent au niveau de l'espace géographique considéré. Il intègre à la fois les données climatiques, pédologiques, agronomiques et zootechniques.

Les Hautes-Terres sont caractérisées par une alternance marquée entre une forte disponibilité de fourrage (saison des pluies) entraînant un surplus non ingéré par les animaux et une période de carence (saison sèche) tant au point de vue quantitatif et qualitatif entraînant de ce fait une réduction notable des productions animales.

Le pâturage naturel est constitué essentiellement par des graminées pérennes dont les groupements phyto-sociologiques varient en fonction des conditions climatiques, pédologiques et topographiques régionales. Les plantes les plus intéressantes en terme de biomasse et de valeur alimentaire sont localisées sur les zones de collines et les bas-fonds. Les pentes présentent une couverture herbacée moins dense et de mauvaise qualité. En effet les sols des pentes sont généralement très érodés et de ce fait de faible fertilité ; en conséquence, les herbes qui y poussent sont d'un intérêt fourrager très limité.

Les zones des plateaux et des collines quant à elles fournissent l'essentiel de l'herbe pâturée par les bovins en saison des pluies. La composition botanique des pâturages n'a pas fait l'objet d'un suivi systématique au cours de ces 4 dernières décennies. On peut simplement supposer que les espèces dominantes restent toujours les mêmes, décrites par les différents auteurs présentés dans le tableau 1. La conjonction des fréquents feux de brousse et les phénomènes érosifs qui s'en suivent ont probablement modifié certains faciès phytosociologiques dans certaines localités. Ces collines ont fait aussi l'objet d'une extension rapide des surfaces des cultures vivrières et des surfaces forestières (région de Manjakandriana). Il est ainsi enregistré une réduction importante des surfaces pâturables de graminées, au profit des Eucalyptus exploités sous forme de charbon de bois et très rémunérateurs dans les conditions actuelles (Bertrand 1995).

Les bas-fonds sont occupés par des graminées qui résistent à une submersion temporaire au cours des saisons des pluies. Les sols des bas-fonds sont dans l'ensemble nettement plus fertiles que les autres parties topographiques et les problèmes d'approvisionnement en eau sont moins aigus. Ils constituent les meilleurs pâturages tout au long de la saison sèche.

Les zones des plateaux et collines, quant à eux fournissent l'essentiel de l'herbe pâturée par les bovins en saison des pluies. La composition botanique des pâturages n'a pas fait l'objet d'un suivi systématique au cours de ces dernières décennies. On peut simplement supposer que même si les espèces dominantes restent toujours les mêmes, les feux de brousse successifs et les phénomènes érosifs ont sûrement modifiés certains faciès phytosociologiques. En relation avec la croissance démographique, il a été enregistré sur ces collines, une extension rapide des surfaces des cultures vivrières et de forêts (région de Manjakandriana). En conséquence, les surfaces paturables diminuent.

Autrefois comme maintenant, le régime foncier appliqué aux pâturages naturels reste une propriété de l'Etat à jouissance collective au niveau locale.

Tableau 1 : Les principales especes herbacees Constituant le paturage naturel des Hautes-Terres

LOCALITES	ANKAZOBE MANANKAZO	TAMPONKETSIA	IMERINA	FIANARANTSOA
Auteurs	I.E.M.V.T. (1968)	Granier et Bigot (1971)	Sarniguet et al (1969)	Gillard (1954)
ZONES DES COLLINES	-Loudetia simplex -Elyonurus tristis -Aristida similis	-Loudetia sp. -Trachypogon spicatum -Aristida similis	-Ctenium concinum -Elyonurus tristis -Aristida rufescens	-Ctenium concinum -Elyonurus -Aristida similis -Aristida rufescens
ZONES DES BAS-FONDS	-Cynodon dactylon -Axonopus compressus -Cyperacées	-Trichoptenix drageana -Cyperacées	-Cynodon dactylon -Leersia hexandra -Panicum subalbidum -Cyperacées	-Tricopterix drageana -Leersia hexandra -Cyperacées

### - Les feux de brousse

Comme partout ailleurs dans le monde tropical, les feux de brousse parcourent périodiquement les pâturages naturels pendant les saisons sèches. Plusieurs mesures législatives ont été prises pour essayer de réduire les surfaces brûlées ainsi que les fréquences des feux. Ces mesures n'ont cependant pas eu les effets attendus et les surfaces brûlées restent importantes sur toute l'étendue de l'île. Des études régionales ont été réalisées en vue de préciser les répartitions géographiques et périodiques des feux de brousse. C'est ainsi que dans le Faritany d'Antananarivo, Rambeloarisoa (1995) affirme que les surfaces brûlées entre 1984 et 1993 varient d'une année à l'autre pour dépasser les 2000 km<sup>2</sup>. Au cours des 3 ans, 1991 à 1993, au niveau des trois Firaisampokontany d'Antananarivo Atsimondrano 2027 ha de pâturage ont été brûlés ce qui représente environ 80% de surfaces. Les mois où les feux de brousse sont plus fréquents dans le Firaisampokontany coïncident avec la saison sèche et plus particulièrement, septembre et octobre.

La gestion des pâturages naturels de Hautes-Terres se fait selon deux modalités différentes. D'une part, les surfaces en herbe proches des villages sont exploitées intensivement par les animaux qui rentrent à l'étable ou au parc tous les soirs. Dans ce système, l'intégration agriculture - élevage est une pratique bien adoptée. D'autre part, les pâturages naturels plus éloignés du village, servent en priorité aux troupeaux de zébus élevés d'une façon extensive. Ces animaux ne sont regroupés qu'à certaines occasions particulières (vaccination, traitement contre la douve, commercialisation...). Ces bovins jouissent donc d'espaces de pâturages considérables. Ces troupeaux interviennent relativement peu dans le processus d'amélioration de fertilisation des sols de culture car leurs déjections du fait de leur éloignement et de leur dispersion sont très rarement épanchées sur les champs.

Au cours des phases d'élaboration de certains projets de développement agricole dans certaines régions de Madagascar il a été préparé et publié des cartes détaillées des pâturages. Actuellement et avec l'aide de la télédétection et des images satellitaires, il semble opportun de dresser une carte des espaces pastorales des Hautes-Terres.

L'autre mode d'élevage est plus intensif. Il utilise prioritairement des animaux de race croisée avec des bovins européens. Il est orienté principalement vers la production de lait, de fumier et la traction animale. Dans son organisation ce dernier système est entièrement intégré à la culture vivrière en fournissant les fertilisants, en participant activement au travail du sol, au niveau des bas-fonds et des tanety.

Le système d'exploitation des ruminants sur les Hautes-Terres se présente donc sur deux formes parallèles : l'une extensive toujours dominante mais confrontée à diverses problèmes d'insécurité, de prix et de commercialisation de la viande. L'autre système est bien intégré aux exploitations mixtes mais se trouve confronté à des problèmes de pressions démographique à la fois humaine et animale. Elle aussi est confrontée périodiquement à des problèmes de commercialisation et en particulier ces derniers temps au bas prix du lait à la collecte, par rapport au coût de revient.

### 3 - LES PRODUITS

La productivité d'un pâturage peut s'évaluer de deux façons différentes et complémentaires : d'une part, par la mesure de biomasse et d'autre part, par l'évaluation les produits des animaux élevés sur ce pâturage.

La mesure de la biomasse est surtout utilisée dans les travaux d'expérimentations en vue de comparer la productivité des différentes espèces végétales, des différents niveaux et modalités de fertilisation ou encore des différentes modalités d'exploitation. Cette évaluation de biomasse est aussi intéressante dans le cadre des fourrages coupés et distribués aux animaux de l'étable. Le tableaux 3 présente les fourchettes de productivité des fourrages expérimentés dans les conditions des Hautes-Terres. Il apparait que les rendements sont très variables ; un des principaux facteurs déterminants est constitué par la nature et les doses de fertilisant utilisé. Les deux engrais les plus connus sont d'une part le fumier de ferme et d'autre par les engrais chimiques constitué par l'Urée ou dans une moindre mesure les fertilisants mixtes de type NPK. Il est ainsi à signaler que dans une expérience récente menée dans la région de Manjakandriana sur un pâturage artificiel d'avoine, les doses respectives de fumier et d'urée étaient respectivement de 17 t/ha et de 61 kg/ha. Ces doses relativement importantes d'engrais épandus sur une culture fourragère présente un double objectif d'obtenir à la fois un bon rendement d'avoine, tout en préparant le terrain pour obtenir un rendement convenable de paddy.

Tableau 3 : *Biomasses produites par les différents types de fourrages cultivés Tanety*

Petites graminées	Tanety	3,7- 10,3 T/ha
	BF (contre saison)	6-12,6 T/ha
Grandes graminées	Tanety	7-15 T/ha
	BF (Colluvions)	22-36 T/ha
Arbustes	Tanety	634 g/Arbuste

La meilleure évaluation de la productivité des pâturages est représenté par les produits des animaux issus de ce pâturage. En effet, cela permet une expression économique de la production conforme à la finalité de l'exploitation. Pour les cas des Hautes Terres malgaches, 4 produits peuvent être identifiés. Ainsi actuellement les principaux produits de l'exploitation par les animaux des surfaces des pâturages sont principalement le lait, le fumier, la traction animale et la viande.

## PRODUCTION DE VIANDE

Dans les conditions des Hautes Terres, la viande bovine est issue de deux systèmes de d'importance inégale. La principale source vient de l'élevage extensif des zébus et dans une moindre mesure des exploitations laitières produisant de la viande par l'intermédiaire de la réforme des animaux.

Sur les Hautes Terres, une production qui a été très réputée dans le temps est celle des boeufs de fosse: véritable embouche bovine intensive à base de fourrages et de compléments alimentaires divers. Cette activité produit des animaux gras ou super gras dont les poids de carcasse variaient entre 180 et 350 Kg. Cette embouche se réalise sur une période moyenne de 6 mois et permet aux bovins de gagner entre 85 et 165 Kg (SARNIGUET et al 1969). La viande était très appréciée par les consommateurs des Haute-Terres. Actuellement cette activité tend à disparaître à cause d'abord de la raréfaction des produits agricoles alimentaires (manioc, patates douces, ...), de l'insécurité et enfin d'une hausse globale du prix de revient de l'animal engraisé qui ne trouve plus d'acheteur auprès des boucheries classiques ou même des organisateurs des festivités traditionnelles (exhumation...).

La production de viande dans les conditions actuelles est plus extensive ; il est plus difficile d'évaluer la quantité totale de viande produite. Quoiqu'il en soit les performances individuelles des bovins sont nettement moindres.

## PRODUCTIONS LAITIÈRES

Les Hautes-Terres regroupent environ 270 000 têtes d'animaux producteurs de lait qui sont à la fois des races améliorées (zébu x race européenne) et des zébus purs. Dans tout les cas, les Hautes-Terres regroupent actuellement 80% des animaux laitiers de type amélioré (Sarniguet, et Chartier 1986). Les performances des vaches améliorées dans les conditions des Hautes-Terres varient entre 1500 et 3500 l/an. La figure 1 montre les variations importantes de production régionale en fonction des saisons. Il apparaît ainsi selon des informations de ROMANOR que la production laitière de saison des pluies est globalement trois fois plus élevée par rapport à celle de la saison sèche.

## LA PRODUCTION DE FORCE DE TRAVAIL

Un des objectifs prioritaire des éleveurs de bovins sur Hautes Terres est l'utilisation de ces animaux dans le cadre de traction à la fois pour les travaux de soi et le transport des marchandises. Les études réalisés par SARNIGUET et CHARTIER (1986) ont montré que sur l'ensemble de territoire, le nombre d'animaux de trait au cours des 10 dernières années a considérablement augmenté et cela est en relation directe avec les coûts élevés de machines agricoles et des pièces détachées des véhicules de transport.

Le labour des rizières se fait généralement vers les mois de Septembre - Octobre. RAZAFIARISON (1990) a noté que les performances quotidiennes des couples de bovin est environ 0,124 ha pour une durée de 2 h30

Tableau A2 - Légumineuses fourragères d'origine tropicale introduites et testées sur les Hautes-Terres

NOMS	Degré d'adaptation aux conditions des Hautes-Terres	NOMS	Degré d'adaptation aux conditions des Hautes-Terres
<u>Légumineuses pérennes</u>		<u>légumineuses Annuelles</u>	
1-Desmodium intortum	+++	1-Canavalia gladiata	++
2-Desmodium uncinatum	++	2-Glycine soja	++
3-Lotononis bainesii	+	3-Mucuna utilis	+++
4-Macrotyloma axillare	++	4-Phaseolus aureus	+++
5-Macroptilium atropurpureum	+++	5-Stylosanthes humilis	0
6-Meonotonia wightii	+++	6-Vigna unguiculata	+++
7-Stylosanthes guyanensis	+		
8-Stylosanthes scabra	+++		
9-Stylosanthes hamata	+++		

Tableau A3 - Liste d'autre espèces fourragères introduites et testées dans le Moyen-Ouest

<u>Arbustes Fourragers</u>	
1- Albizzia lebbeck	+
2- Albizzia stipulata	++
3- Cajanus cajan	+++
4- Callindra calothyrsus	+++
5- Cassia simea	++
6- Flemingia congesta	+++ (engrais vert)
7- gliricida sepium	++
8- Leucaena leucocephala	+++
9- Morus alba	++
10- Samanea saman	++
11- Sesbania aculeata	++
<u>Autres familles</u>	
1- Beta vulgaris	+
2- Daucus carota	+
3- Helianthus annuus	+++

Tableau A4 - RENDEMENTS DE CHLORIS GAYANA SUR LES COLLINES DE L'IMERINA CENTRALE

Auteurs	ANNEE 1						ANNEE 2					
	Fertilisants utilisés					rend tMS/ha	Nombre de coupes	Fertilisants utilisés			rend tMS/ha	Nombre de coupes
	Dolomie t/ha	Fumier t/ha	N U	P U	K U			N U	P U	K U		
HUYNH-VAN- NH-VAN (1970)	0	0	115	105	80	3,65 a	2	115	105	80	3,08 a	3
	1	50	0	0	0	5,30 b	2	80	80	80	2,28 b	3
	0	50	60	170	45	5,88 b	2	80	80	80	10,32 c	3
	1	50	60	80	40	5,88 b	2	80	80	80	10,32 c	3
LAURENT (1971)	1	5	32	158	120	-	-	84	0	0	5,5-5,7	2-3

Tableau A5 - RENDEMENTS DE PENNISETUM PURPUREUM KISOZI  
SUR LES HAUTES-TERRES (IMERINA CENTRALE)

Auteurs	ANNEE 1							ANNEE 2				
	Fertilisants utilisés					rendt t/ms/ha	Nombre de coupes	Fertilisants utilisés			rendt t/ms/ha	Nombre de coupes
	Colomie t/ha	Fumier t/ha	N u	P u	K u			N U	P U	K U		
Laurent (1972)	1	15	97	158	128	3,3-7,3	2	32	0	0	8,4-12,1	3-4
Rasambainavo	0	10	48	48	48	-	-	400	50	200	7-15,6	2
Albenque (1971)	2	0	115	300	300	4IMS		0	0	0	3,8 <sup>1</sup> IMV	
	2	0	115 90 + après chaque coupe	300 0	300 100	23,4 IMV		20	0	100	28,9 <sup>1</sup> IMV	

Tableau A6 - RENDEMENTS DE MELINIS MINUTIFLORA SUR LES HAUTES-TERRES

Auteurs	ANNEE 1							ANNEE 2					
	Dol	Fumier	N	P	K	Rend IMS/h a	Nombre de coupes	N	P	K	rend IMS/ha	Nombre de coupes	Hauteur à la coupe
Laurent (1971)	0	0	65	0	0				130	0	0		
								130	0	0	3,5-6,2	2	40 cm
								130	0	0	5,3-7,4	2	60 cm
Albenque (1971)	2	0	115	300	0			0	0	0	5,87 IMV		
	2	0	115 80 N+ 100 kg/ coupe	300	10,27 IMV			80 N+ 100 kg/coupe			2 3,9 IMV		

Tableau A8 - Densité bovine au km<sup>2</sup> géographique

	Cheptel bovins	Km <sup>2</sup> géographique	millions d'ha de pâturage	Charge ha/tête	Densité animaux/km <sup>2</sup>
Antananarivo	1.950.000	58.283	2,7	1,4	33,5
Fianarantsoa	1.250.400	102.373	3,5	2,8	12,2
Madagascar	10.703.900	587.000	31,6	2,9	17,0

Tableau A9 : Répartition des surfaces des pâturages dans les 2 Faritany d'Antananarivo et de Fianarantsoa.

	Surface totale (millions d'ha)	Surface de pâturage (millions d'ha)	
		1989	1995
Antananarivo	5,8	3,2	2,7
Fianarantsoa	10,2	4	3,5

# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

LA PRODUCTION DE FOURRAGES

Texte de J. RASAMBAINARIVO

## LA PRODUCTION FORESTIERE SUR LES HAUTES TERRES DE MADAGASCAR

### 0- INTRODUCTION

Le terme «Hautes Terres» désigne les zones dont l'altitude est supérieure à 1000 m. Pour le cas de Madagascar, ces zones sont surtout concentrées dans les Faritany d'Antananarivo et de Fianarantsoa.

La production forestière dans ces 2 Faritany est surtout destinée à la satisfaction des besoins énergétiques de la population en grande partie et des besoins en bois de diverses utilisations (constructions diverses, mobiliers, charrettes, ...)

Cette synthèse essaie de décrire la situation forestière dans les deux Faritany et de condenser les résultats des travaux de recherche effectués en matière de production forestière. Une conclusion en est ensuite tirée.

### I- SITUATION FORESTIERE

Les chiffres qui seront avancés pour la suite concernent les deux Faritany y compris les zones dont l'altitude est inférieure à 1000 m faute de données disponibles. Les dernières estimations du Service de l'Inventaire des Eaux et Forêts en date de 1989 ont donné un taux de boisement de 2,8% pour Antananarivo et de 12,1% pour Fianarantsoa.

Pour Antananarivo, cette surface boisée est constituée de 100.000 ha de forêts naturelles et de 70350 ha de forêts de plantation dont 14% est constituée de résineux et 86 % de feuillus (Eucalyptus spp, Acacia spp.).

Pour Fianarantsoa, 1.100.000 ha sont constitués de forêts naturelles et de 80.700 ha de forêts de plantation dont 40% de résineux et 60% de feuillus.

Pour les deux Faritany, cette couverture forestière tend à la baisse suite à l'augmentation des besoins en terre cultivable et en bois d'énergie, conséquence de la pression démographique qui est très importante. La densité démographique est passée de :

- 44,6 en 1971 à 58,9 en 1989 pour Antananarivo
- 20,6 en 1971 à 25,3 en 1989 pour Fianarantsoa

Durant la même période (1971 à 1989), la couverture forestière est passée de 0,08 ha/habitant à 0,04 ha/hab. dans le Faritany d'Antananarivo et de 1,13 ha/hab. à 0,48 ha/habitant dans le Faritany de Fianarantsoa. Certaines surfaces reboisées sont en cours d'être transformées en terrains de cultures.

La pratique de la culture itinérante sur brûlis accentue la dégradation de la couverture forestière surtout dans les zones à forte densité démographique. Selon les statistiques du Ministère du Développement Rural et de la Reforme Agraire (in Annuaire de la statistique Agricole, inédit 1987-1988), "le tavy atteint en moyenne plus de 33000ha /an dans le Faritany de Fianarantsoa alors qu'elle n'est que de 16000ha /an dans le Faritany d'Antsiranana, les deux régions ayant plus ou moins la même surface en ressources forestières" (densité démographique : 25,3 pour Fianarantsoa et 19,3 pour Antsiranana.- 1989).

Le bois couvre presque la totalité de la demande en énergie à Madagascar (80%). L'évaluation exacte du volume de bois utilisé pour des fins énergétiques est presque impossible car la prélèvement de ces types de produits se fait discrètement dans les différentes formations forestières publiques et privées.

Plusieurs résultats ont été obtenus en ce qui concerne les études effectuées concernant la consommation en bois d'énergie.

- Selon VAN POUCKE, en 1968, elle était de 0,614 m<sup>3</sup>/ hab./an
- Selon la Direction des Eaux et Forêts, en 1982, elle varie entre 0,725 et 0,750 m<sup>3</sup>/hab./an
- Selon le Ministère de l'énergie et des Mines, elle est estimée à 1,09 m<sup>3</sup>/hab./an.

Conséquence de la démographie galopante, la consommation de bois d'énergie évolue au cours du temps. Les statistiques du Ministère de l'Energie et des Mines ont montré que cette consommation est passée de :

- 2.900.000 m<sup>3</sup> en 1980 à 3.800.000 en 1987 pour le Faritany d'Antananarivo
- 2.100.000 m<sup>3</sup> en 1980 à 2.400.000 en 1987 pour le Faritany de Fianarantsoa.

Le rapport d'activité de la Direction des Eaux et Forêts, en 1985 estime le potentiel sur pied des forêts (forêts naturelles, feuillus et résineux) à :

- 10.000.000 m<sup>3</sup> de bois pour le Faritany d'Antananarivo , soit 14% de l'ensemble pour Madagascar (73.171.395).
- 15.000.000 m<sup>3</sup> de bois pour le Faritany de Fianarantsoa, soit 20% du total.

La consommation en bois d'oeuvre et de service (autre que bois d'énergie) est évaluée à 0.111 m<sup>3</sup>/hab./an. Soit une consommation en ce type de bois de 351.5000 m<sup>3</sup> dans le Faritany d'Antananarivo et de 243.900 m<sup>3</sup> dans le Faritany de Fianarantsoa en 1985.

Les zones urbaines sont régulièrement approvisionnées en bois par les forêts d'eucalyptus établies depuis les années 1920. Les petites villes ainsi que la campagne n'ont pas toujours une source constante et fiable de bois .

Les feux de brousse attaquent les formations forestières naturelles et les forêts de plantation. L'évolution des surfaces parcourues par le feu varie en fonction du climat politique qui sévit dans le pays. Pour l'ensemble du pays, les statistiques de la Direction des Eaux et Forêts ont montré que 3.413.150 ha ont été parcourues par le feu en 1983, alors qu'en période normale les surfaces brûlées varient entre 1.600.000 ha (1979) et 2.700.000 (1986). Dans le Faritany de Fianarantsoa 324.000 ha/an ont été brûlés entre 1979 et 1988.

## II- LES RESULTATS DE LA RECHERCHE

Les résultats des travaux de recherche effectués pendant plus de 20 ans concernent principalement les deux genres Pinus et Eucalyptus pour le cas des hautes terres. Les travaux de recherche relatifs aux forêts naturelles ont été effectués principalement dans d'autres régions de l'île.

## II.1. Les Résineux

Vu leur croissance rapide, les résineux sont utilisés comme espèces de reboisement. Les produits obtenus sont faciles à transformer et peuvent être utilisés comme bois de sciage, bois d'industrie, poteaux de lignes électriques, bois d'énergie... Compte tenu du prix du bois des forêts naturelles et d'autres espèces, le bois de pin commence à être apprécié les utilisateurs (revêtements, mobiliers, poutres...)

La satisfaction des besoins en bois pour différentes utilisations constitue le principal objectif des reboisements en résineux. en plus de la protection des sols contre l'érosion

Les travaux de recherche effectués dans ce domaine concernent :

- les introductions d'espèces
- les techniques sylvicoles de plantation
- la technologie du bois

### Introductions d'espèces

Des sélections d'espèces et de provenances appropriées pour une espèce ont été entamées. Pour tout le pays, 52 espèces ont été introduites parmi lesquelles 16 provenances de Pins ont été retenues dont la «provenance malgache» pour l'espèce *Pinus kesiya*. Pour les régions des hautes terres, les deux principales espèces sont le *Pinus kesiya* et le *Pinus patula* auxquelles on peut ajouter le *Pinus taeda*.

Pour *Pinus kesiya*, des travaux d'amélioration génétique ont été réalisés. Des peuplements grainiers et des plantations conservatoires sont disponibles dans le périmètre du Haut Mangoro.

### Techniques sylvicoles de plantation

En pépinière, pour éviter la fonte de semis, l'utilisation de planche de sable est préconisée. Le repiquage des plantules se fait dès la chute des téguments et est effectué soit en boulettes (boulettes traditionnelles ou boulettes améliorées) soit en tubes (pour la plantation de contre saison). L'utilisation d'engrais et de terre mycorhisée, accélère la croissance des plants en pépinière. La taille des plants à la plantation n'a pas de conséquence sur la croissance ultérieure : il faut utiliser des plants bien conformés, robustes et pourvus de racines conformées.

Le sous solage, le billonnage, le labour en bande suivi de désherbage sont les techniques de plantations préconisées pour lutter contre la concurrence graminéenne et pour que les racines des jeunes plants se développent normalement. Les dimensions des trous adoptées sont de 30 x 30 x 30 cm ou 40 x 40 x 40 cm. L'avantage de la banquette est prouvé sur pente. La plantation est effectuée au début de la saison des pluies ou durant la période de pluies. La densité de plantation varie entre 400 à 2500 plants/ha.

Les sols de plantation sont en général des sols pauvres : l'utilisation d'engrais phospho-potassique avec de l'azote en complément assure une meilleure croissance et l'homogénéité du peuplement.

La fertilisation après plantation (fertilisation de rattrapage ou de regonflage) avec du NPK, l'éclaircie et l'élagage contribuent à accélérer la croissance et à maintenir les accroissements (en hauteur et en diamètre) à un niveau acceptable.

La plantation de *Pinus patula* de la Matsiatra était destinée à la production de pâte à papier. Une réorientation de la plantation vers la production de bois de sciage est possible en pratiquant des éclaircies même à un âge assez avancé (10-12 ans). *Pinus kesiya* et *Pinus patula* réagissent bien à cette pratique.

Pour une éclaircie précoce, 50% de la surface terrière est enlevée. Les éclaircies sélectives sont à préférer aux éclaircies systématiques à cause de la mauvaise conformation des arbres, conséquence de l'utilisation de graines tout venant au départ.

L'élagage des pins diminue la présence de noeuds pénalisant les bois de pins et améliore la forme du fût par une accentuation de la croissance à l'extrémité supérieure. La hauteur d'élagage peut être la plus haute possible.

Après une coupe à blanc, la régénération naturelle des pins s'installe d'une façon très dense. Un dépressage progressif est préconisé pour aboutir à la densité finale des arbres d'élites sélectionnés à l'âge de 4 ans. Une conduite de régénération naturelle a été testée à Sambaina - Antsirabe : la production de la deuxième génération est presque similaire à celle de la première. Seule la qualité du bois diffère (présence d'une grande proportion de fibres torses, conséquence du mauvais choix des graines lors de l'installation du peuplement mère).

## Technologie et transformation du bois

Les études des caractéristiques physiques et mécaniques des bois de Pins aboutissent à la détermination des possibilités d'utilisation et des procédés de transformation.

Les caractéristiques du bois de pins sont influencées par la densité, l'âge et les différents traitements sylvicoles (éclaircie, élagage, fertilisation) qu'a reçu le peuplement. Les caractéristiques papetières sont presque identiques à celle des résineux scandinaves. La présence de noeuds constitue le principal défaut des sciages de Pins.

Les techniques de transformation ci-après ont été mises au point :

- séchage à l'air libre et séchage solaire
- amélioration de la durabilité naturelle du bois par imprégnation de produits de préservation
- traitement d'imprégnation des sciages, poteaux, ... par les procédés «Boucherie», déplacement de sève, autoclave
- gemmage du pins
- carbonisation du bois de pins
- valorisation des sous-produits d'éclaircies sous forme de Bois Massif Reconstitué
- confection de charpentes lamellés-collés pouvant atteindre de longueur considérable (20m) et ayant des formes variables.

## II.2. Feuillus

Sur les hautes terres, le bois de feuillus (*Eucalyptus spp.*, *Acacia spp.*...) constitue un bois d'énergie par excellence utilisé sous forme de bois de chauffe ou de charbon de bois. Le bois d'*Eucalyptus spp.* est le plus utilisé pour la construction des habitations (solives, poutres, planchers, menuiserie interne et externe...)

La protection du sol contre l'érosion peut être aussi effectuée à partir des plantations de feuillus qui groupent des espèces résistantes aux feux de brousse.

Les résultats acquis dans le domaine de la recherche forestière concernent :

- les introductions d'espèces
- l'installation et la conduite des plantations
- la technologie et les transformations

### Introductions d'espèces

A Madagascar, 72 genres de feuillus comportant 260 espèces dont 105 d'eucalyptus ont été expérimentés avec succès. Pour les régions des hautes terres, sont retenues les espèces suivantes :

*Eucalyptus robusta*  
*Eucalyptus tereticornis*  
*Eucalyptus camaldulensis*  
*Eucalyptus rostrata*  
*Eucalyptus pilularis*  
*Eucalyptus maculata*  
*Acacia dealbata*  
*Grevillea robusta*

### Installation et Conduite des plantations

En pépinière, les planches de semis sont constituées d'un mélange de terre, de sable et de terre noire. L'utilisation de fumier de ferme, de compost ou d'autres substrats organiques ramassés dans les boisements est aussi pratiquée. Le repiquage précoce est préconisé : il peut être réalisé dans des pots plastiques, des boulettes ou des mottes. En général, les plants sont éduqués en pépinière pendant 4 à 6 mois.

A la plantation, les *Eucalyptus sp* sont sensibles à la concurrence graminéenne qui peut être réduite par un bon travail du sol. Ce procédé coûtant cher, la pratique de la plantation par trouaisons peut être préconisée. Les dimensions adoptées sont de 40 x 40 x 40 cm. La densité de plantation la plus répandue est de 1600 plants par hectare. Cette densité peut être augmentée pour lutter contre la concurrence graminéenne au départ. Une éclaircie est envisageable et les produits ainsi obtenus peuvent être valorisés comme bois de chauffe ou gaulettes.

Les eucalyptus réagissent fortement à une fertilisation comprenant l'association des trois éléments NPK. L'utilisation de fumure organique (compost, fumier de ferme mélangé avec de la paille de riz) est souvent pratiquée.

A Sambaina - Manjakandriana, qui fait partie de la zone d'approvisionnement en bois d'énergie de la ville d'Antananarivo, les vieilles souches âgées de 60-90 ans sont traditionnellement traitées en têtards : une forme d'abattage produisant une hauteur impressionnante des souches de l'ordre de 1m à 1.50m. Les rejets issus de telles souches sont peu vigoureux. Pour améliorer la vigueur de ces souches et leur productivité, la recherche forestière propose de rabaisser ces souches. La récupération de bois de souche ainsi obtenus est évaluée à 100-120 m<sup>3</sup> de bois d'énergie à l'hectare. Le rabaissement proprement dit est réalisé soit à la tronçonneuse, soit à la hache, soit à la scie passe partout. Les résultats acquis peuvent se résumer comme suit :

- Le rabaissement des souches n'entraîne pas la mortalité de ces dernières. Une hauteur de 10 cm au-dessus du sol doit être maintenue pour favoriser la sortie des rejets preventifs et leur ancrage

- Les rejets obtenus à partir des souches rabaissées sont nettement plus gros que ceux sur les souches hautes
- Les souches rabaissées donnent des rejets bien conformés, robustes et de plus grande valeur énergétique.

Dans les taillis traditionnels, aucune gestion des rejets n'est pratiquée, excepté le cas de 2 ou 3 beaux brins à l'are qui sont conservés pour constituer des réserves de bois de construction pour les besoins locaux. La méthode de gestion des rejets est préconisée. Elle consiste à sélectionner les rejets des souches rabaissées pour qu'ils bénéficient d'un maximum de conditions de croissance favorables (lumière, ancrage, moins de concurrence).

On espère ainsi obtenir des taillis de perches ou même des «futaies sur souche» qui sont des peuplements rajeunis assurant la relève des vieilles souches.

### Technologie et transformation

Les travaux de recherche en technologie permettent une meilleure connaissance du bois d'eucalyptus afin de déterminer une meilleure utilisation.

Les caractéristiques physiques et mécaniques varient avec l'âge et la station. Mais une fois duraminisé, le bois d'eucalyptus est un bois mi-dur à dur et mi-lourd à lourd et présentant de fort à très fort retrait.

Les techniques de transformation ci-après ont été mises au point :

- sciage selon les modes de débit (mécanique et manuel)
- séchage : le bois d'eucalyptus est difficile à sécher
- imprégnation avec différents produits d'imprégnation pour améliorer la durabilité des poteaux, traverse, bois de construction
- procédés de traitement par déplacement de sève
- carbonisation; le charbon de bois d'eucalyptus présente une densité de 0.3 à 0.4 et un pouvoir calorifique de 7000 à 7500 Kcal/kg.

## III - LES ACTIONS FORESTIERES

On peut considérer globalement les reboisements publics (état et collectivité) et les reboisements privés. On peut dire sans trop se tromper que ce sont les reboisements privés qui alimentent les circuits de la filière bois. Face à une demande toujours croissante, on constate que les propriétaires n'appliquent plus aucune règle de gestion.

L'eucalyptus reste le pivot des reboisements privés. Or la plupart des plantations ont été établies entre 1920 et 1960. Arrivés à l'âge d'exploitation, les arbres donnent essentiellement des rejets destinés à la production de bois d'énergie. Deux aspects se dégagent ainsi : rarefaction du bois d'oeuvre et insuffisance de l'offre en bois de cuisson.

Une nouvelle impulsion a été donnée au processus de reboisement par le PAE (Plan d'Action Environnemental). De nombreux projets et micro-projets ont démarré depuis 1990, encadrés par de nombreuses ONG. La participation de la population constitue un élément important de l'approche car on veut constituer surtout des boisements privés et communautaire. Le principe de "la terre à celui qui plante les arbres dessus" constitue une motivation solide pour les participants.

Les problèmes souvent invoqués par la population concernant le reboisement sont :

- le manque de semence forestière ;
- le manque de terrain à reboiser ;
- l'insuffisance de connaissance technique.

Mais ils constatent amèrement que même si ces contraintes étaient levées, les plants mis en terre étaient la proie des flammes dès la saison sèche suivante.

L'intégration de l'arbre dans les zones de culture démarre très modestement. On constate surtout des arbustes destinés à améliorer la fertilité du sol mais rarement de grands arbres pour le sciage.

#### IV- PERSPECTIVES ET CONCLUSIONS

Les taux de reboisement dans les Faritany d'Antananarivo et de Fianarantsoa sont les plus bas par rapport aux taux de boisement des 4 autres Faritany. Ces taux sont en régression au cours des années à cause de la croissance démographique qui a pour conséquence l'augmentation des besoins en bois d'énergie et en bois de diverses utilisations.

Les différentes techniques de création de nouveaux peuplements ainsi que les différentes techniques sylvicoles contribuant à l'amélioration de la production des reboisements sont mises au point pour les espèces courantes utilisées en reboisement sur les Hautes Terres : *Pinus sp* et *Eucalyptus sp*.

La création de nouveaux peuplements par le biais du reboisement s'avère donc indispensable. Les perspectives pour aboutir à cet objectif consistent à :

- diversifier les essences de reboisements (cf. Annexe) ;
- introduire les arbres dans les différents espaces du paysage ;
- faire participer les différents groupements intéressés aux travaux du reboisement ;
- solliciter les différentes autorités à encourager et à simplifier les démarches des différents intéressés...

## LISTE DES ESPECES UTILISABLES SUR LES HAUTES TERRES

<i>Pinus</i>	<i>kesiya</i>	
<i>Pinus</i>	<i>patula</i>	
<i>Eucalyptus</i>	<i>robusta</i>	
-"	<i>tereticornis</i>	
-"	<i>camaldulensis</i>	
-"	<i>rostrata</i>	
-"	<i>pilularis</i>	
-"	<i>maculata</i>	
-"	<i>globulus</i>	
<i>Cajanus cajan</i>		(Leguminosae)
<i>Galiandra calothyrsus</i>		-"
<i>Crotalaria fulva</i>		-"
<i>Crotalaria grahamiana</i>		-"
-"	<i>micans</i>	-"
-"	<i>lachnophora</i>	-"
-"	<i>ochroleuca</i>	-"
<i>Flemingia congesta</i>		-"
<i>Gliricidia sepium</i>		-"
<i>Leucaena diversifolia</i>		-"
-"	<i>esculenta - esculenta</i>	-"
-"	<i>leucocephala</i>	-"
<i>Sesbania grandiflora</i>		-"
-"	<i>macrantha</i>	-"
-"	<i>sesban</i>	-"
<i>Tephrosia candida</i>		-"
-"	<i>vogelii</i>	-"
<i>Acacia melanoxylon</i>		-"
-"	<i>dealbata</i>	-"
-"	<i>mearnsii</i>	-"
<i>Acacia nilotica</i>		-"
<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>		-"
<i>Adenanthera pavonina</i>		-"
<i>Albizzia falcata</i>		-"
-"	<i>gummifera</i>	-"
-"	<i>lebbeck</i>	-"
-"	<i>stipulata</i>	-"
<i>Peltophorum africanum</i>		-"
<i>Schizolobium parahyba</i>		-"
<i>Cassia spectabilis</i>		-"
<i>Alnus acuminata</i>		(Betulaceae)
<i>Azadirachta indica</i>		(Meliaceae)
<i>Gmelina arborea</i>		(Verbenaceae)
<i>Grevillea robusta</i>		(Proteaceae)
<i>Jacaranda mimosifolia</i>		(Bignoniaceae)
<i>Khaya madagascariensis</i>		(Meliaceae)
<i>Maesopsis eminii</i>		(Rhamnaceae)
<i>Markhamia platycalyx</i>		(Bignoniaceae)
<i>Toona ciliata</i>		(Meliaceae)

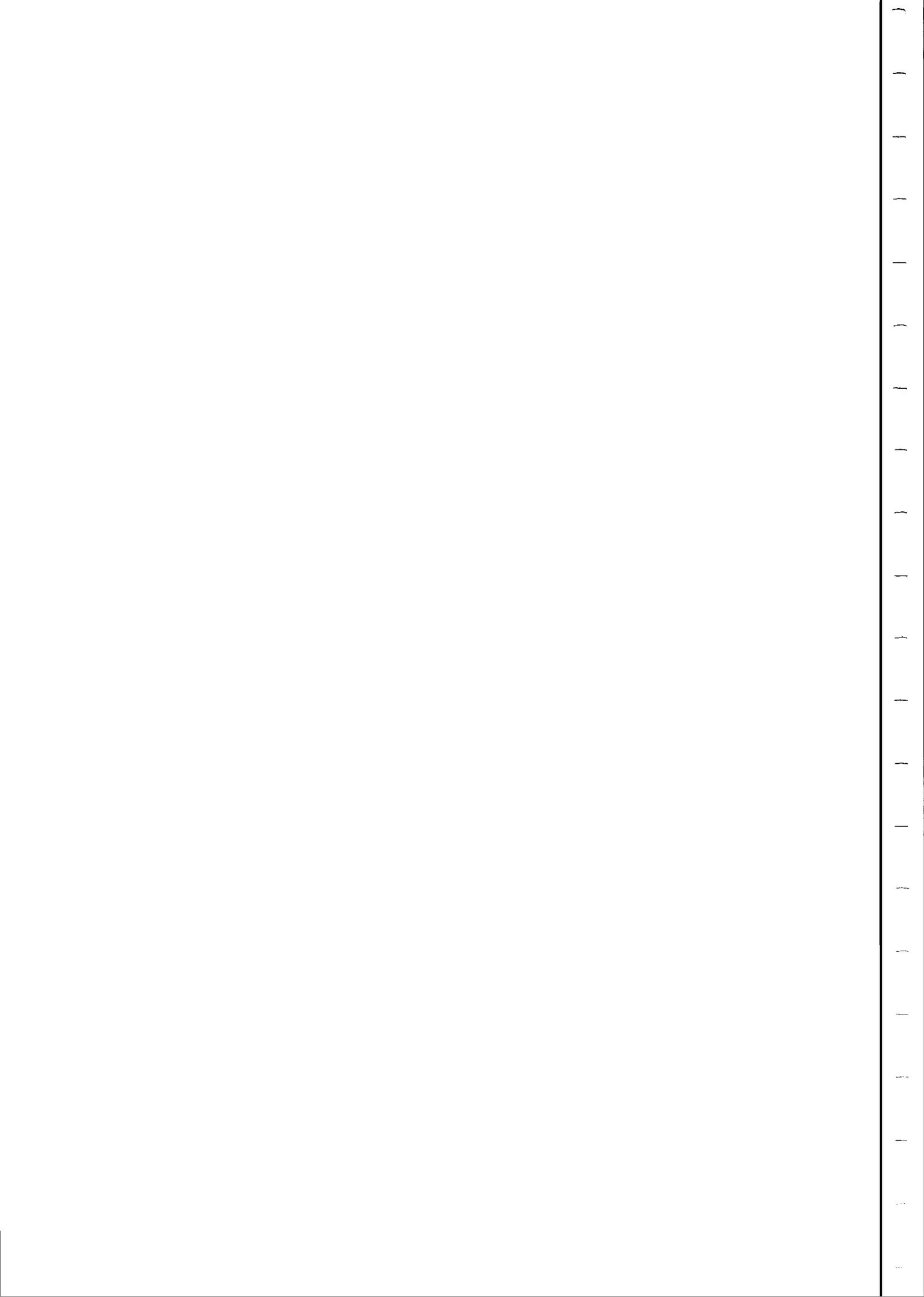
# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

**LES ASPECTS SOCIO - ECONOMIQUES**

Texte de Rolland RAZAFINDRAIBE



# AFRICAN HIGHLAND INITIATIVE

Bilan des recherches et des actions

sur

LA PRODUCTION DE BOIS

Texte de Alain RASAMINDISA

## VOLET SOCIO ECONOMIE

Le paysage des Hautes-Terres reflète le jeu d'éléments naturels particuliers. La gestion de ces ressources mérite une attention particulière, surtout dans un contexte où la population et l'espace se confrontent et où la production et les rapports sociaux se transforment (ICRAF, 1993).

Les éléments de référence inventoriés à partir de certains organismes d'intervention ciblés (ODR/PPL, Projet Terre Tany, DRR, PDFI) ont fait état des résultats d'interactions complexes à l'intérieur des sous-systèmes naturels (sol, climat, hydrographie), agro-productifs et socio-économiques.

La dynamique liée à l'environnement des pratiques productives permet ainsi de saisir la dimension socio-économique de la gestion des ressources naturelles prévalant au niveau de certaines sous-régions caractéristiques des Hautes-Terres.

### **A- DYNAMIQUE ET USAGE DES RESSOURCES NATURELLES,** **notamment du sol, dans le contexte des Hautes-Terres.**

Les indications fournies par les expériences, les résultats issus des recherches et/ou actions menées au niveau de la région constituent ici un créneau porteur pour cerner la diversité, le fonctionnement et la dynamique des logiques inscrites dans les formes d'utilisation et les modes de gestion des ressources naturelles.

En effet, l'ensemble des actions menées en matière de recherche et/ou de développement sur le milieu socio-économique relèvent principalement des études sur :

- la relation de l'homme/Nature
- l'influence du marché sur le système agraire et la production
- les budgets familiaux
- les techniques culturelles et leurs impacts sur le système agraire et l'environnement.

Les points soulevés se ramènent à la combinaison des troubles physico-écologiques et de crises économiques affectant les communautés agricoles et rurales (FOFIFA/DRD, 1994). Pour en interpréter la logique, il convient de s'attacher à l'interaction homme-milieu. La prise en compte de la dynamique de l'utilisation des terres, de l'organisation sociale, apparaît, à ce titre, indispensable à la compréhension des conséquences négatives pour le milieu naturel.

#### **A.1- Organisation de l'espace et pratiques productives: Traduction spatiale de la combinaison des multiples facteurs.**

La diversité des pratiques productives caractérise l'ensemble de la région. Celle-ci apparaît évidemment liée à la diversité des cultures et des élevages qui se trouve elle-même liée aux variations d'altitude, de pente, de sol, etc...

Constitué par une topographie plus ou moins accidentée, le paysage de tanety est très marqué et offre une succession de vallées étroites et morcelées. Ce qui justifie la difficulté de la mise en valeur rationnelle et de grande envergure.

L'aménagement des versants de tanety et particulièrement des bas de pente, est devenu alors important. Ceux-ci sont aménagés en banquettes et constituent le domaine des cultures sèches, des cultures de rente, du maraîchage.

Les pentes fortes et la partie sommitale des collines sont peu mises en valeur. Elles portent une végétation à dominance herbeuse, sauf pour une certaine portion d'espace occupée, soit aménagée pour l'extension de quelques cultures, soit plantée en eucalyptus ou pin.

En fait, le milieu présente des aspects liés à la présence humaine. La mise en valeur agricole a fait l'objet d'une certaine distinction entre différents terroirs de culture par rapport aux lieux d'habitation. Il convient de noter au passage que l'on ne peut pas relier de façon simple et univoque les pratiques aux seules conditions du milieu naturel.

La situation actuelle est telle que l'état des sols en fonction de leur utilisation à travers les systèmes de culture laisse transparaître les différents aspects de la dégradation, qui semble dûe à la conjonction de multiple facteurs :

- des facteurs historiques et économiques saisis à travers les changements profonds affectant l'administration publique, les mécanismes de prix peu incitatifs pour les producteurs, l'excès d'étatisation qui persiste,
- des incidences démographiques aggravant la pression foncière et conduisant à l'utilisation anarchique des terres. Ils se produisent là une pauvreté croissante résultant du déséquilibre terres/population (en moyenne 60 hab/km<sup>2</sup> cultivables sur les Hautes Terres)
- des facteurs géographiques se ramenant essentiellement à l'érosion des sols en corrélation aux traditions, pratiques culturelles et foncières peu orientées vers la conservation,
- des facteurs socio-politiques inhérents à l'absence de régulation spatiale visant un meilleur équilibre régional.

De ce fait, la compréhension des principaux facteurs responsables de cette évolution permet de préciser les conditions environnant le système d'utilisation des terres.

#### **a- Les pratiques liées aux cultures**

Une corrélation étroite a toujours existé entre la dynamique de l'utilisation du sol et celle de la population sur les Hautes Terres (DEZ, 1970).

Les terres les plus fertiles et facilement aménageables, sans mobilisation d'importants moyens matériels, ont fait l'objet des premières mises en valeur. Tels sont les cas des bas-fonds rizicultivables portant des sols alluvionnaires et ceux de baiboho (bas de pente).

Si à l'origine, la densité de l'occupation de ces sols était relativement acceptable pour une exploitation rationnelle, la situation avait connu des changements au cours du temps. Ces terres alluvionnaires sont devenues le berceau d'une surexploitation parfois excessive avec l'augmentation de la population et l'évolution des besoins sans cesse croissants. Il se produit ainsi un épuisement accéléré du sol dans ces espaces jusque là, support essentiel de la subsistance (ROLLIN, 1991).

Le rendement rizicole se trouve en diminution malgré un apport en fertilisant très poussé. La charge démographique de plus en plus pesante tend vers une rupture d'équilibre entre le croît de la population et la diminution de la fertilité de ces sols de bas-fonds et des baiboho. Ce qui contraint les paysans à procéder à une extension des cultures sur tanety, espaces qui portent généralement des sols facilement érodables.

En effet, la valorisation de ces tanety, a pris de l'envergure dans le cadre d'une agriculture de survie. La disponibilité de nouvelles spéculations (riz pluvial, maraîchage) a favorisé cette forme d'utilisation (Projet Terre Tany, 1993).

D'une manière générale, les eaux de source assurent l'irrigation pour la riziculture. La maîtrise de l'eau doit en fait englober tout simplement le cycle formant une chaîne ininterrompue : pluie - évaporation - nuage.

#### **b- Les pratiques relatives à la forêt**

Les champs cultivés et les cultures qu'ils portent, impriment ici les versants de leur marque. Il convient donc de voir maintenant l'espace non cultivé. Deux principales ressources, que le bois et le fourrage sont d'une importance considérable dans la vie des paysans.

Au niveau de la couverture végétale, la prairie domine sur des collines rondes parsemées d'herbes dures (steppes). Des zones laissent entrevoir quelques lambeaux de forêt d'altitude (Ankaratra et Manjakatempo... ) et des plantation forestières (Nord-Est et Est) sur les Hautes terres.

La dimension prise actuellement par l'exploitation forestière apparaît un phénomène devenu manifeste sur l'ensemble de la région (Bertrand, 1992). Généralement pratiquée pour la fabrication de charbon de bois et pour l'extraction de bois d'oeuvre, elle est particulièrement importante à proximité des grands centres urbains, notamment Antananarivo et Antsirabe, où la demande demeure relativement plus importante. La disparition progressive de la forêt sous l'effet d'une logique anarchique et de la pression démographique devient une contrainte supplémentaire dans l'utilisation de l'espace.

Quant aux fourrages, l'exploitation peu rationnelle de ces ressources est très marquée. Les cultures jouent en réalité un rôle fourrager essentiel, en particulier le riz. La paille de riz, le peu de son disponible, les repousses en saison froide, les sous-produits agricoles divers transitent par le bétail qui restitue du fumier aux rizières et à la fraction des cultures sèches conduites de manière relativement intensive (FOFIFA/DRD, 1987).

Vue l'absence de cultures fourragères spécialisées, le développement de l'élevage essentiellement bovin dépend surtout de la disponibilité du pâturages, base de l'alimentation des animaux, qui généralement sont élevés de manière extensive. Or, une tendance à la dégradation et à la régression des prairies naturelles se manifeste à l'usage du feu avec ses variantes:

- utilisation du feu en vue de "nettoyer" une parcelle forestière (brûlage de parcelle) avant abattage,
- utilisation du feu en vue de renouveler le pâturage,
- mise à feu des campagnes liée à la défaillance des mécanismes de régulation sociale (ANDRIANARIVELO Rafrezy, 1989).

D'après ce qui précède, la répartition de la population ne coïncide pas avec celle des ressources agricoles potentielles. Le déséquilibre issu de la distribution des terres facilement aménageables combiné avec les densités de la population laissent apparaître les impacts socio-économiques de l'érosion qui menacent sérieusement le support essentiel de l'activité principale des communautés rurales.

A-2- Les manifestations de la dégradation conjointe du milieu et des pratiques: Cas des deux situations de référence observées.

Il s'agit ici de relater à travers les renseignements d'ordre agro-socio-économique caractérisant les zones d'intervention de l'ODR/PPI et celles du Projet Terre-Tany, pour mieux saisir le poids des facteurs qui influent sur l'utilisation et la conservation des ressources du milieu.

Cf.: - Tableau n°1 et n°2: Zone d'intervention du projet Terre-Tany,  
- Tableau n°3 et n°4: Zone d'intervention de l'ODR / PPI

Tableau n°1 :  
 CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT FONCIER DES SYSTEMES DE PRODUCTION :  
 Firaisana AMBOHITROLOMAHITSY - Fokontany Avaratrambolo et Ampahitrizina

	Contexte administratif et territorial	L'organisation foncière de la région
<b>ECOLOGIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Région forestière (taux d'occupation 60%).</li> <li>- Uniformité de plateaux monotones</li> <li>- Inadéquation aménagement rizicole et tanety.</li> <li>- Zone concernée par le déboisement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Première descente du brigade de l'opération cadastrale effectuée en 1935.</li> <li>- Majorité des parcelles ayant connu uniquement la délimitation cadastrale donc procédure inachevée car sans juridiction.</li> <li>- Faible proportion de parcelles cadastrées.</li> <li>- Espace tanety qualifié de terrain domanial.</li> </ul>
<b>STRUCTURE D'EXPLOIATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prédominance des espaces tanety par rapport au tanimbary.</li> <li>- Croissance démographique ==&gt; SAU insuffisante.</li> <li>- Migration ==&gt; diminution de la force de travail.</li> <li>- Forte utilisation de bas de pente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Répartition des espaces de production (Rizière, bas de pente, champs de tanety) s'inscrivant dans le cadre de la parenté.</li> <li>- Des parcelles acquises par héritage.</li> <li>- Possibilité de délimitation du terroir villageois suivant les critères convenus entre détenteurs coutumiers.</li> <li>- Mise en valeur récente de la partie sommitale des tanety par l'eucalyptus.</li> </ul>
<b>SYSTEME DE CULTURE</b> <b>SYSTEME D'ELEVAGE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activités agricoles centrées sur la riziculture.</li> <li>- Prépondérance des cultures vivrières sur tanety.</li> <li>- Spécialisation des bas des pente aux cultures maraichères et oignons (intensification).</li> <li>- Possibilité des cultures de contre saison: blé, pomme de terre, oignon(intensification).</li> <li>- Taux de participation à l'élevage: 80%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prédominance de l'usage coutumier sur tanety ==&gt; transmission des droits acquis aux héritiers.</li> <li>- Appropriation des rizières implique celle des bas de pente==&gt; acquisition soit par héritage, soit par achat.</li> <li>- Atomisation parcellaire des cultures pratiquées.</li> </ul>
<b>SYSTEME DE PRODUCTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importance de la production forestière.</li> <li>- Déficit de la production rizicole.</li> <li>- Recherche d'appoint fourni par les cultures de rente pour pallier le cercle de l'autosubsistance.</li> <li>- Recours à l'entraide et au salariat.</li> <li>- Concurrence entre activités agricoles et hors agricoles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procédure domaniale engagée par les détenteurs coutumiers dans la mise en valeur des tanety par la plantation d'eucalyptus.</li> <li>- Exigüité des terres ==&gt; métayage et fermage sur les rizières ou bas des pentes.</li> <li>- Faible disponibilité monétaire pour le cadastrage des parcelles culturelles.</li> </ul>
<b>ENVIRONNEMENT SOCIO-ECONOMIQUE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Région d'une importance historique(période précoloniale et coloniale).</li> <li>- Renommée des tribus fondateurs et constituant la région.</li> <li>- Absentéisme et exode de la population.</li> <li>- Perspective d'une stabilisation de la place, la région au niveau du Fivondronana.</li> <li>- Taxes foncières basées sur le recensement des parcelles mises en valeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manifestation d'une insécurisation foncière ==&gt; mauvaise gestion des ressources sols ==&gt;baisse de la productivité des paysans.</li> <li>- Amélioration de la situation juridique des terres faisant l'objet de la réunion des responsables de l'administration foncière en 1994en cours suivant la réunion des responsables effectuée en 1994.</li> <li>- Vente foncière (rizière, bas de pente) ==&gt; renforcement des migrants déjà favorisés par l'alliance matrimoniale.</li> </ul>
<b>DYNAMIQUE SOCIALE ET FONCIERE EXISTANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace villageois placé sous domination étatique (Fokontany, cadastre).</li> <li>- Terroir villageois géré dans le cadre d'un modèle de parenté co-résidentielle.</li> <li>- Emprise foncière et ascension sociale des absentéistes.</li> <li>- Persistance du système traditionnel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Superposition de deux formes de droits sur le terroir villageois: droit coutumier des natifs et droit moderne prôné par les intervenants exogènes.</li> <li>- Paralysie d'une maîtrise foncière dans la gestion et aménagement de terroirs.</li> <li>- Conflits concernant essentiellement les parcelles forestières.</li> </ul>

Tableau n°2 :  
**CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT FONCIER DES SYSTEMES DE PRODUCTION**  
**Firaisana : AVARATSENA - Fokontany Sahalemaka**

	Contexte administratif et territorial	L'organisation foncière de la région
<b>ECOLOGIE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Région enclavée.</li> <li>- Existence de grands bassins et plusieurs bas fonds.</li> <li>- Zone de migration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Situation foncière régie par le principe de la présomption de domanialité par l'Etat du 15.02.60.</li> <li>- Constitution d'un pouvoir foncier des détenteurs coutumiers qualifiés d'anciens migrants.</li> <li>- Faible proportion de parcelles cadastrées.</li> <li>- Espace agricole (tanety, rizière, bas de pente) généralement intégré dans l'espace domaniale.</li> </ul>
<b>STRUCTURE D'EXPLOITATION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prédominance de tanety incultes.</li> <li>- Forte utilisation des bas de pente et Rizières.</li> <li>- Des aménagements rizicoles entrepris par les anciens migrants.</li> <li>- Mauvaise maîtrise d'eau.</li> <li>- Convenance à toutes cultures vivrières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilité de l'occupation des anciens migrants par les détenteurs coutumiers (crête, cours d'eau, cultures).</li> <li>- Répartition des espaces de production (Rizière, champs de tanety, bas de pente) dans le cadre de parenté.</li> <li>- Des parcelles acquises généralement par héritage.</li> </ul>
<b>SYSTEME DE CULTURE</b> <b>SYSTEME D'ELEVAGE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Usage des techniques traditionnelles.</li> <li>- Faiblesse de cultures vivrières en regard de la production rizicole.</li> <li>- Intensification des bas de pente pour la culture d'oignon.</li> <li>- Elevage de bovin intensif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prédominance de l'usage coutumier sur tanety.</li> <li>- Appropriation des rizières implique celle des bas de pente ==&gt; acquisition soit par héritage soit par achat.</li> <li>- Concentration foncière des descendants des anciens migrants.</li> </ul>
<b>SYSTEME DE PRODUCTION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Importance des revenus procurés par la culture de rente oignon.</li> <li>- Région productrice d'oignon et de paddy.</li> <li>- Difficulté de commercialisation due à l'enclavement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espace caractérisé essentiellement par l'usage coutumier.</li> <li>- Recours des nouveaux migrants au métayage sur rizière et au fermage pour la culture d'oignon.</li> <li>- Vente de terres sur les petits exploitants déficitaires.</li> <li>- Procédure cadastrale engagée par les gros propriétaires (Notable).</li> </ul>
<b>ENVIRONNEMENT AGROSOCIO-ECONOMIQUE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Région située dans le chemin de parcours des voleurs de boeufs.</li> <li>- Population constituée de migrants originaires d'Ambohitrolomahitsy.</li> <li>- Taxation foncière basée sur la déclaration des parcelles mises en valeur.</li> <li>- Enclavement entravant le développement de la région.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interventionnisme juridique étatique estompé par l'univers d'existence à base coutumière.</li> <li>- Discipline lignagère s'exprimant dans l'usage foncier.</li> <li>- Production d'un univers d'existence harmonieuse par les anciens et nouveaux migrants.</li> <li>- Existence des conflits entre héritiers.</li> </ul>
<b>DYNAMIQUE SOCIALE ET FONCIERE EXISTANTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Région caractérisée par l'endogamie.</li> <li>- La terre ne doit pas sortir de la grande famille co-résidente.</li> <li>- 40 à 50 ventes définitives inscrites par an et concernant les parcelles d'oignon.</li> <li>- Fermage effectué entre famille.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche de sécurité, de garantie hors des voies coutumières.</li> <li>- Superposition des conditions marchandes et des structures traditionnelles ==&gt; révolution de la représentation de la richesse.</li> </ul>

Tableau n. 3  
**ENVIRONNEMENT AGRO-SOCIO-ECONOMIQUE  
 ANTANIFOTSY**

	ATOUTS	CONTRAINTE
ECOLOGIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone d'altitude (1300-1700).</li> <li>- Prédominance Tanety à l'Ouest.</li> <li>- Prédominance TB à l'Est.</li> <li>- Présence de bosquets d'eucalyptus à la partie sommitale à l'Ouest.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pente forte.</li> <li>- Importance des terres en friche.</li> </ul>
STRUCTURE D'EXPLOITATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- SAU Tanety &gt; SAU TB (en moyenne 20 ares de TB contre 3 ha de Tanety par paysan).</li> <li>- Possibilité de mise en valeur des tanety.</li> <li>- Opérationnalité sur le plan du DRS (à 50%).</li> <li>- Association des paysans en phase de test sur Tanety avec RD/PPI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réglementation foncière.</li> <li>- Importance du droit coutumier sur Tanety.</li> <li>- Faible occupation des sommets de tanety (infertile).</li> <li>- Manque d'équipements agricoles.</li> </ul>
SYSTEME DE CULTURE  SYSTEME D'ELEVAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 70% de tanety occupés par Maïs et Manioc.</li> <li>- Forte occupation des flancs de colline.</li> <li>- Rotation: Pomme de terre - Maïs + Haricot Patate - Maïs + Haricot.</li> <li>- Culture de Haricot éloignée de la résidence.</li> <li>- Pratique généralisée de la variété résistante Menakely.</li> <li>- Prédominance Haricot en association.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pauvreté des sols de tanety.</li> <li>- Manque de fumier.</li> <li>- Jachère prolongée.</li> <li>- Prédominance du système traditionnel.</li> <li>- Attaque maladies, insectes provoquant plus de 20% de perte à la récolte.</li> <li>- Aucun traitement pratiqué (surtout en demi-saison).</li> <li>- Nature de sol infectieuse sur le bas de pente.</li> </ul>
SYSTEME DE PRODUCTION	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence de technique de compostage.</li> <li>- Polyculture: Riz, Manioc, Patate, Mala, Taro, Pomme de terre, Haricot.</li> <li>- Demande de nouvelle variétés de Haricot.</li> <li>- Pratique de Haricot en haut et en bas de la pente.</li> <li>- Variétés pratiquées: Menakely, botra maintso, Fotsy lava.</li> <li>- Variété Fotsy adaptée sur les baiboho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucune intensification agricole sur tanety.</li> <li>- Faible rendement Maïs, Haricot (500 à 800 kg/ha).</li> <li>- Insuffisance d'encadrement sur la gestion de la semence, de la fertilité.</li> <li>- Production de Haricot pour autoconsommation.</li> </ul>
ENVIRONNEMENT AGRO-SOCIO-ECONOMIQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zone Est: sans utilisation d'intrants pour produire.</li> <li>- Existence du crédit BTM organisé par l'ODR.</li> <li>- Phruiactivité des paysans.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ZONE Ouest: nécessite plus d'intrants pour produire.</li> <li>- Faible disponibilité monétaire.</li> <li>- prix élevé des intrants,</li> <li>- prix élevé des semences de Haricot en période de semis (1000 fmg).</li> <li>- Conseil techniques sur les moyens de lutte inadaptée aux conditions de vie paysannes (coût élevé):</li> </ul>

## B - SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS.

Ce n'est qu'un constat de la situation de crise que traverse les communautés rurales des Hautes Terres qui vient d'être retracé. Mais cette photographie des phénomènes observés implique que le défi de survie soit levé, que soit pensé la nécessité de changer et d'innover tant au niveau social, technique qu'économique face aux contraintes identifiées.

C'est en ce sens qu'une stratégie visant à assurer l'apparition de nouveaux acteurs ( chercheurs, développeurs, groupements paysans ) serait escomptée. Pour cela, une tentative de reconstitution horizontale du tissu social serait à mettre en valeur pour se passer des tendances centralisatrices et verticales.

Pour ce faire, une place serait faite à la réflexion sur les desiderata des paysans. Les principaux domaines où des améliorations peuvent être apportées pour la mise en valeur des ressources sont à examiner. La connaissance du milieu paysan, les activités de recherche, les moyens de vulgarisation se feront ainsi pour répondre aux aspirations des paysans et améliorer leur niveau de vie dans le cadre d'une meilleure gestion et conservation des ressources naturelles.

Il apparaît à partir des constats effectués que certaines institutions concernées réussissaient bien dans certaines types d'action où d'autres reconnaissent avoir échoué. Ce qui donne à penser qu'il est impératif d'accorder une attention particulière à la confrontation des expériences entre organismes demeurant incontestablement insuffisante jusqu'ici.

Les préoccupations inter-institutionnelles devraient s'attacher en premier lieu aux aspects suivants :

- la notion de gestion durable des ressources qui peut contribuer, dans le long terme, à accroître l'autonomie des structures locales de gestion des ressources
- le rôle de la femme dans l'importance n'est pas seulement une question d'équité, mais aussi une condition nécessaire à la réussite d'une maîtrise de la conservation de l'environnement
- la pauvreté à laquelle il conviendrait d'accorder une plus grande attention aux conséquences en matière de répartition des revenus d'une plus vaste gamme de ressource disponibles et cerner davantage les populations défavorisées
  - le contexte humain qui englobe la compréhension de l'environnement humain, social, politique et institutionnel pour marquer une attention suffisante aux réalités locales.

Le dialogue entre intervenants serait la clé du succès envisagé pour comprendre davantage les paysans et surtout trouver avec eux un système fondé sur leurs pratiques .

Dans cet ordre d'idées, les paysans devraient être formé afin de :

- acquérir les qualifications nécessaires,
- adopter des techniques améliorées de travail et de gestion,
- modifier leurs attitudes et habitudes sociales,
  - participer activement à l'élaboration de leur système socio-économique,
- utiliser les services publics de manière appropriée.

En perspective, un développement local intégré devrait permettre aux communautés rurales des Hautes Terres de trouver de nouvelles réponses à la crise et prendre conscience des moyens disponibles à débloquent la situation pour une gestion intégrée des ressources naturelles.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1- ANDRIANARIVELO Rafezy (V) : Population, Ressources naturelles, Environnement et Développement  
Etude sectorielle - BIT/FNUAP-DGP-1989.
- 2- BERTRAND (A) : Approvisionnement en combustible ligneux d'Antananarivo et Mahajanga, Nogent s/Seine, CIRAD-Forêt, 1992.
- 3- DEZ (J) : Elements pour une étude agro-sylvo-pastorale de l'Imerina ancienne. Terre malgache N° 8 - Université de Madagascar Tananarive - 1970.
- 4- FOFIFA/DRD : Caractérisation par région FOFIFA des problématiques de développement agricole et rurale - Document de travail pour l'actualisation du PDRA-FOFIFA - Avril 1994.
- 5- ICRAF : Recherche sur la gestion intégrée des ressources naturelles dans les Hautes Terres d'Afrique de l'Est et d'Afrique Central. - Rapport d'atelier 6 - 8 Janvier 1993 - Entebbe Ouganda.
- 6- PROJET TERRE-TANY : Etude de cas à Avaratrambolo, Terroir des Hautes Terres, Atelier 1993
- 7- RAISON (JP) : Les Hautes Terres malgaches : Enracinement et mobilité des sociétés rurales - Tome I Paris - 1980.
- 8- ROLLIN (D) : Evolution de l'importance du système rizière dans les exploitations agricoles du Vakinankaratra - Séminaire International "Bas-fonds et Riziculture".