

AT 650152

65.01.52

P. 26/75/12  
264  
FICHA

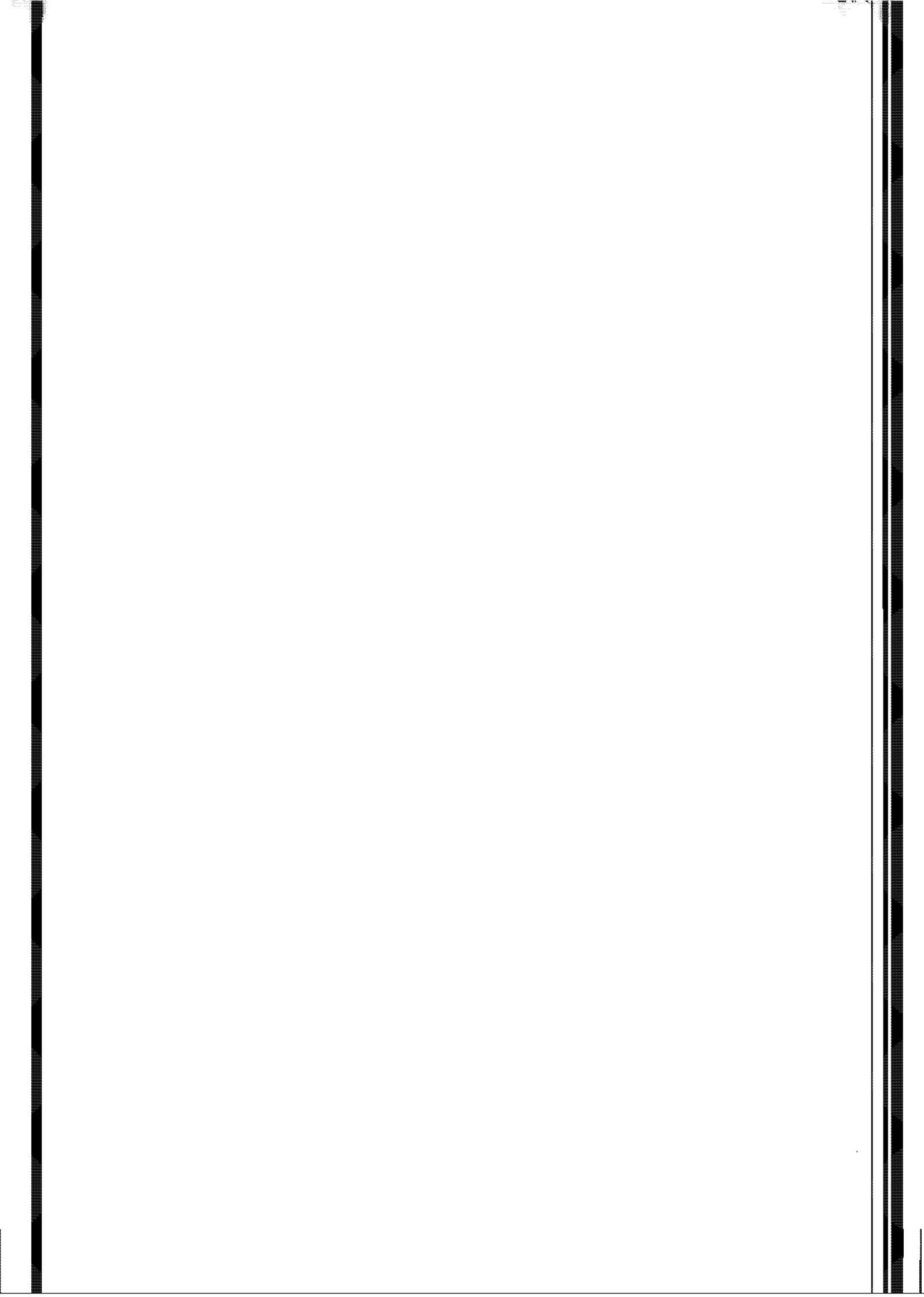
2 JUL. 1975

PROBLEMES AGRONOMIQUES  
DE LA MISE EN VALEUR  
DES SABLES ROUX  
DU SUD-OUEST MALGACHE

F. De CASABIANCA

1965 - 38p

PROBLEMES AGRONOMIQUES  
DE LA MISE EN VALEUR  
DES SABLES ROUX



PROBLEMES AGRONOMIQUES  
DE LA MISE EN VALEUR  
DES SABLES ROUX

---

I N T R O D U C T I O N

---

Les "Sables Roux" du Sud-Ouest de Madagascar - Extension Géographique

La majorité des zones sédimentaires pénéplanées du S.W. de Madagascar sont recouvertes d'une "carapace sableuse", appelée aussi "sables roux" et dont l'épaisseur dépasse souvent 10 mètres.

Certes les géologues, qui ont ainsi baptisé cette "formation superficielle", ne l'ont cartographié que lorsque la puissance de la couche était considérable. Mais en revanche, ils lui ont volontiers assimilé des sols souvent assez différents, autant par leur genèse que par leurs caractères texturaux.

Hervieux a déjà pu remarquer (1) que la partie la plus septentrionale comprenait en particulier des "Sols rouges sableux de décalcification" qu'il proposait d'appeler "Pseudonéditerranéens" par opposition à l'ensemble des autres résultant de rémaniements de sédiments (qualifiés de "locaux" par les géologues) et présentant des caractères plus ou moins nets de ferruginisation.

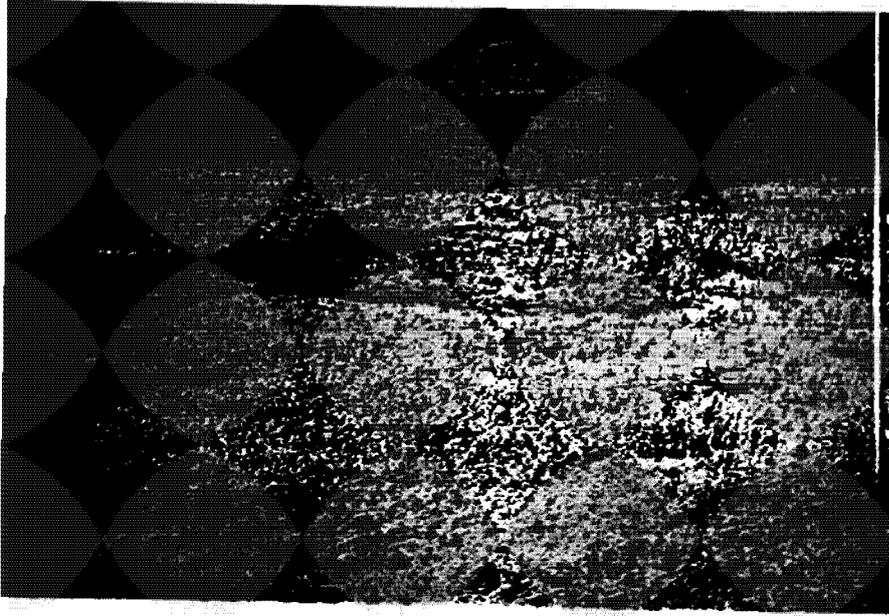
Remarquons que certains auteurs ont aussi appelé "Sables Roux" des sols d'origine dunaire que l'on trouve à la frange du littoral. Mais leur genèse, leur granulométrie beaucoup plus fine, leurs propriétés agronomiques ... aussi bien que leur couleur exigent que l'on les mette à part.

Il est évident qu'en dehors des exclusives énoncées, on peut différencier des variantes de sables roux, de nombreux facteurs ayant pu jouer à la mise en place comme dans l'évolution récente de ces sols.

Tel n'est pas le but de cette étude qui se restreint du reste géographiquement au "Plateau d'Ankazoabo" et laisse de côté les cuvettes à "Sables Roux argileux hydromorphes" amplement étudiés par divers auteurs, ROCHE principalement (2)

(1) Communication à la conférence de Dalaba 1958

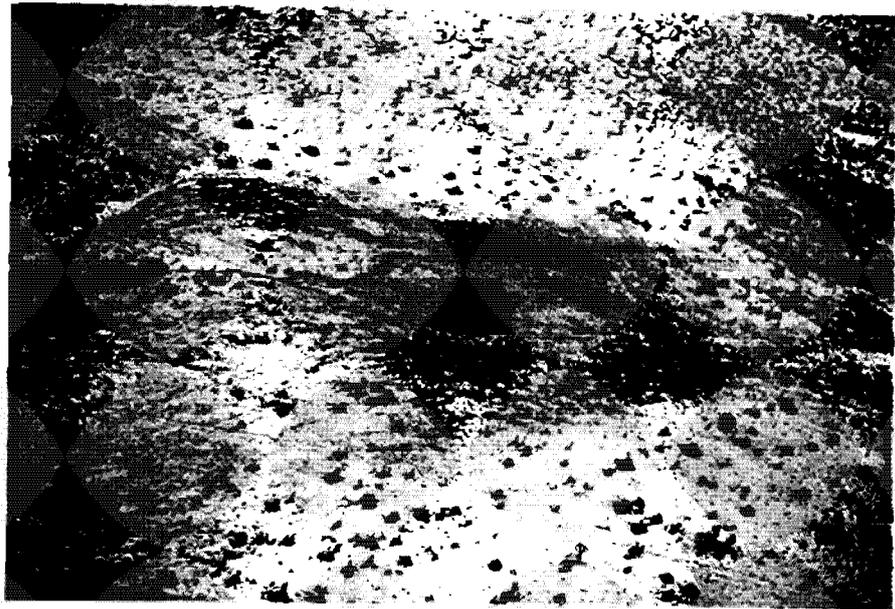
(2) Voir en particulier : Etude de quelques types de sols utilisés en culture cotonnière (1961) et Etude des sols à vocation coton culture sèche dans le S.W. de Madagascar (1962).

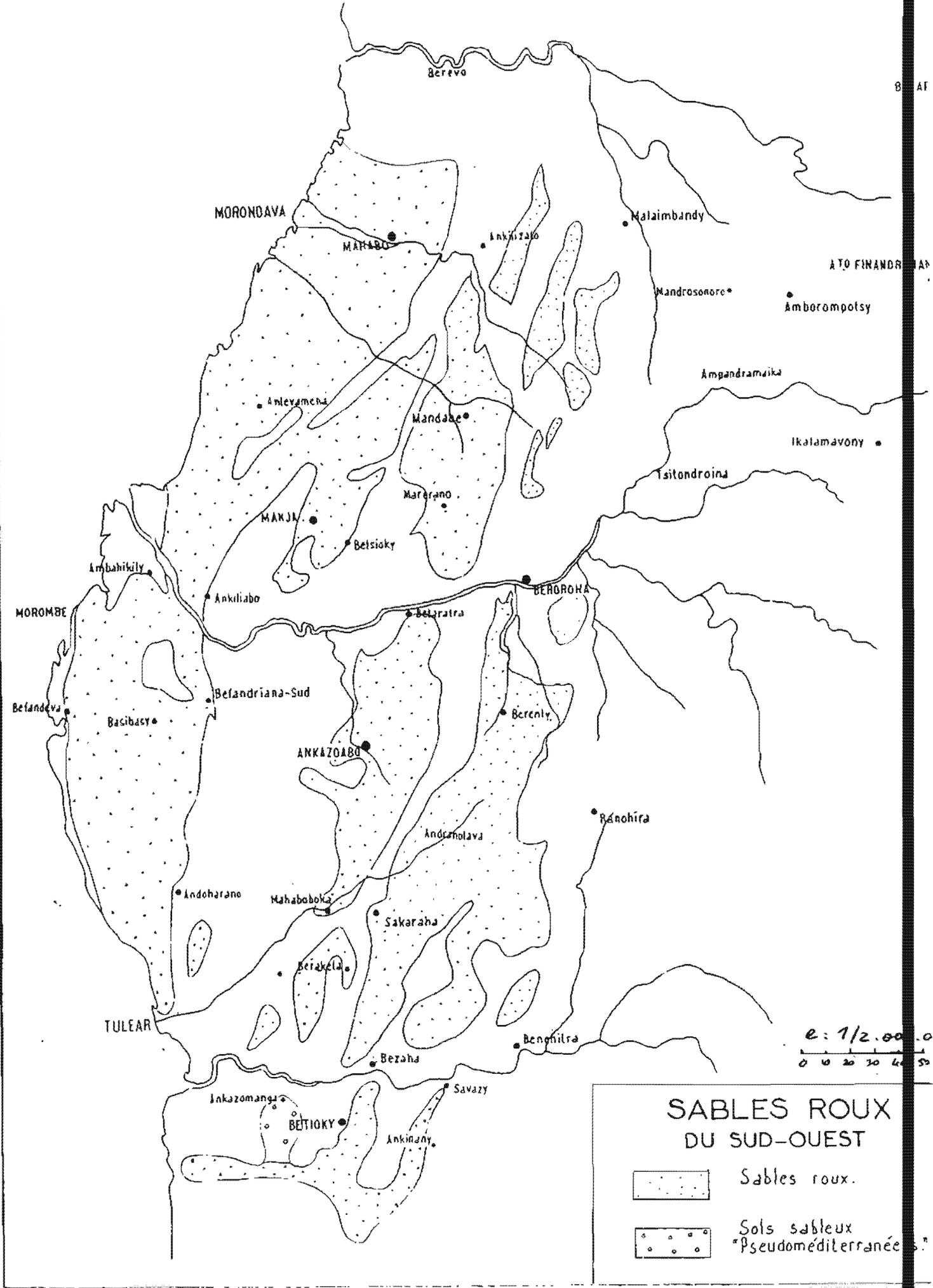


Vue typique sur les sables noirs

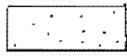
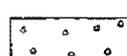
007

petite cuvette  
à nappe  
sédimentaire





**SABLES ROUX  
DU SUD-OUEST**

-  Sables roux.
-  Sols sableux "pseudoméditerranéens".

e: 1/2.000.000  
0 10 20 30 40 50

Il n'en reste pas moins que les caractéristiques essentielles des sables roux d'Ankazoabo se retrouvent dans les autres zones.

Aussi les problèmes abordés ici dépassent-ils largement les 110.000 ha. cartographiés sur le plateau d'Ankazoabo.

Cadre, but de l'étude -

La densité de population de cette région peut paraître faible = 2,7 habitants au Km<sup>2</sup>.

Mais si l'on tient compte du fait que l'activité agricole se concentre presque essentiellement sur les quelques 1500 ha. de sols de cuvettes, l'appréciation se modifie (environ 930 h./Km<sup>2</sup>).

La fertilité des "sables roux" est en effet extrêmement basse.

Cependant le problème de leur mise en valeur et de leur régénération se pose de plus en plus =

- D'une part la culture du coton s'installant obligatoirement sur les terres riches refoule les cultures vivrières sur les zones stériles.

- D'autre part, la culture de l'archide qui s'établit sur les zones de transition (qu'elle débordé du reste) dégrade les sols extrêmement vite et profondément.

Nous ferons d'abord une analyse relativement rapide du milieu physique (sol, climat, etc...)

Nous aborderons ensuite le problème de la régénération des sols, à propos duquel une expérimentation a pu être mise en route.

---

1-ère partie

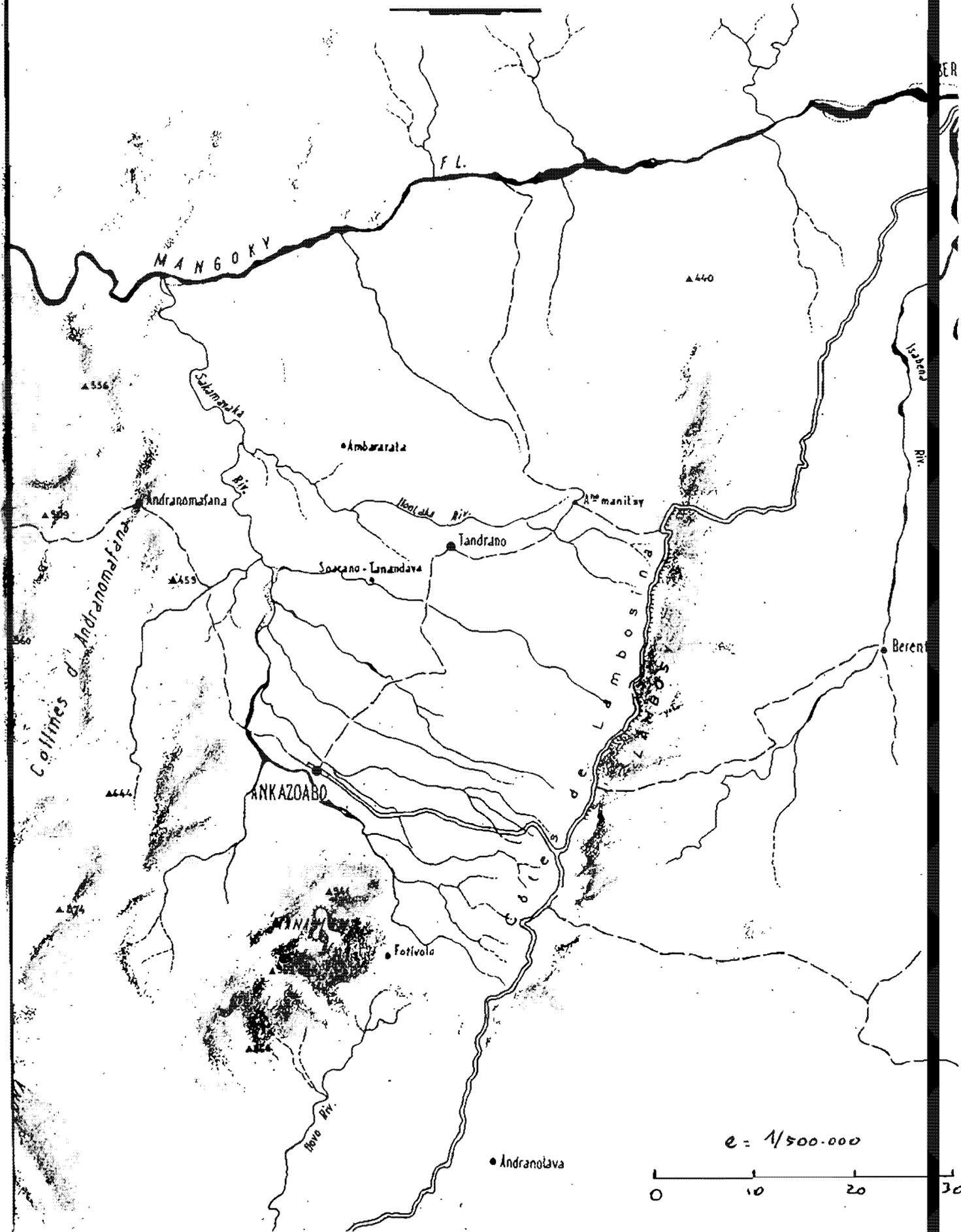
----

ETUDE DU CADRE GENERAL

---

- I - TOPOGRAPHIE - HYDROLOGIE - GEOLOGIE
- II - CLIMATOLOGIE
- III - VEGETATION NATURELLE
- IV - S O L S
- V - CONCLUSIONS

# PLATEAU D'ANKAZOABO



I

TOPOGRAPHIE - HYDROLOGIE - GEOLOGIE

Le plateau d'Ankazoabo se présente comme un énorme glacis, légèrement incliné vers l'Ouest où il se heurte aux reliefs de la Manana et des crêtes d'Andranamafana. Il surplombe à l'Est la dépression de Berenty-Beroroaha par les côtes de Iambosina (800 m) vers le sud, puis de Manandrea (550 m) se continuant par la crête de Vohitelo au Nord (450 m).

Sa limite Sud est approximativement le parallèle 400, la limite Nord étant le Mangoky.

En dehors de quelques petits torrents atteignant directement le Mangoky, la Sakanavaka coulant vers le Nord à la frange Ouest du plateau, draine la majorité des eaux par une série de torrents coulant Est-Ouest (exception = Taimbalala, rive gauche). Tous ces cours d'eau ont profondément entaillé la carapace de sables roux, témoignant d'une érosion active.

Géologiquement, la "carapace sableuse" s'appuie sur l'Isalo I<sup>1</sup> (Jurassique moyen) qui comprend à l'Est une large bande à faciès continental (la série d'Ankazoabo = I<sub>III</sub><sup>2</sup>) et à l'Ouest une bande à faciès mixte (Série de la Sakanavaka I<sub>III</sub><sup>3</sup> = Grès entrecroisés, argillites, lunacal Série d'Ankazoabo I<sub>III</sub><sup>0</sup> = Faciès mixte à corbula)

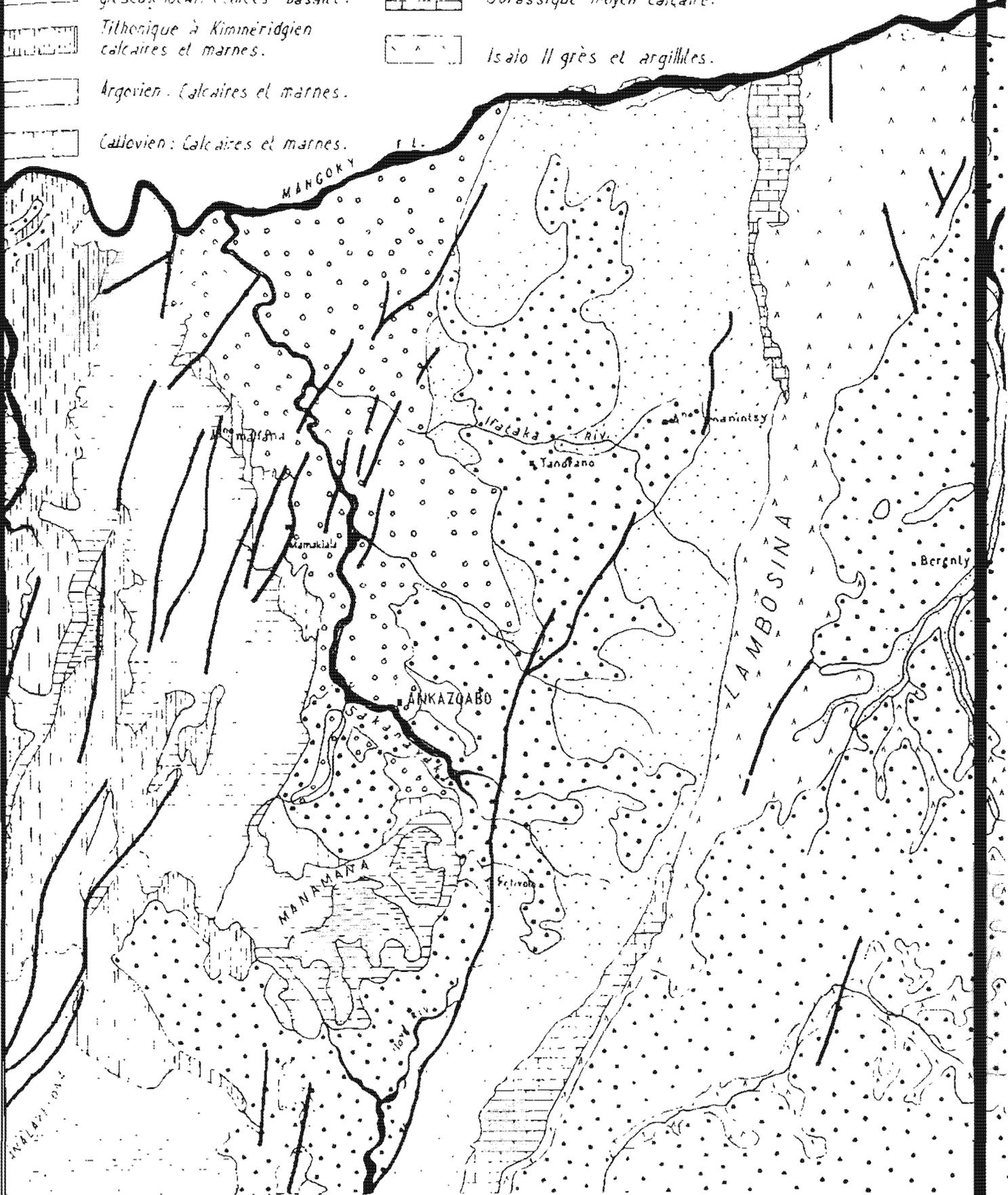
Cet ensemble aurait subi une pénéplanation et aurait été dégagé à l'Est par érosion différentielle (formations mieux consolidées au niveau des côtes de Iambosina, etc...) puis, dans une phase transgressive aurait été recouvert d'une couche sableuse provenant en particulier d'étages gréseux voisins (Crétacé supérieur en particulier) avant d'être définitivement exhumé.

---

# PLATEAU D'ANKAZOABO : GEOLOGIE

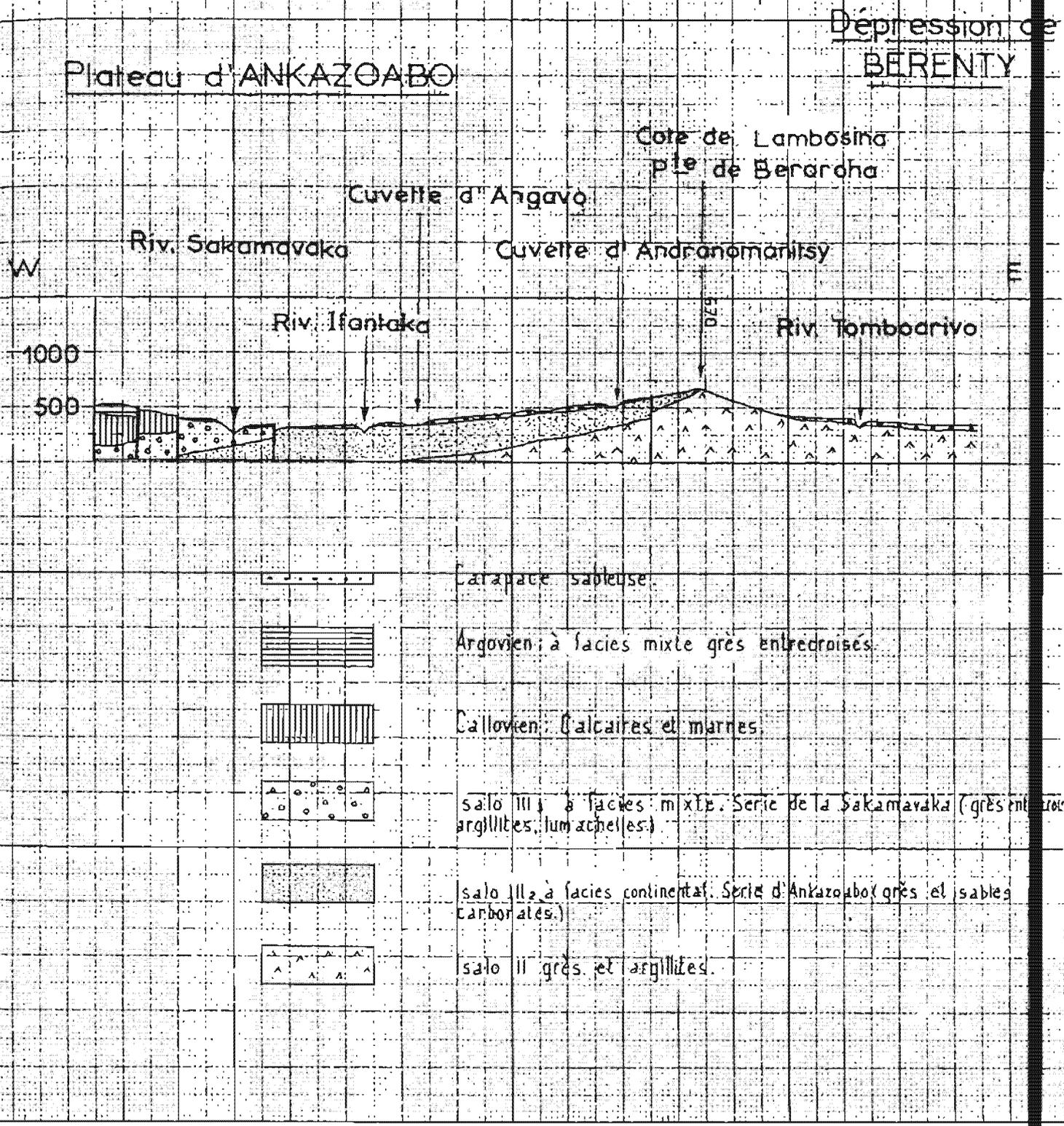
- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | Alluvions récentes.   |  | Isalo III <sub>3</sub> à facies mixte        |
|  | Carapare sableuse.  |  | Isalo III <sub>2</sub> à facies continental. |
|  | Crétacé moyen à inférieur<br>gréseux local. Couffées basalte. |  | Jurassique moyen calcaire.                   |
|  | Tithonique à Kimmeridgien<br>calcaires et marnes.             |  | Isalo II grès et argillites.                 |
|  | Argovien. Calcaires et marnes.                                |  |  |
|  | Cretacien: Calcaires et marnes.                               |  |  |

e = 1/500.000  
 0 5 10 15



# COUPE GEOLOGIQUE

## ouest-est à hauteur d'Andranomantsy



II

C L I M A T O L O G I E

PLUIES -

Le climat d'Ankazoabo se caractérise par une longue saison sèche - 7 mois - les pluies se concentrant sur une vingtaine de jours où il se déverse plus de 700 mm. (voir graphiques)

Elles ne se raccordent pas pour la plupart à des phénomènes cycloniques mais à des systèmes de convection, et le caractère orageux des précipitations explique leur grande irrégularité comme leur agressivité. (Voir compléments en annexe)

TEMPERATURES -

L'étalement des températures est assez grand (extrêmes = + 3 et + 43), l'écart moyen quotidien variant de 12° en saison des pluies à 16-17° dans les 5 mois qui la précèdent.

Sur le graphique des températures, nous remarquerons en particulier que la moyenne mensuelle se stabilise pendant les six mois chauds entre 26° et 27,5

EVAPQ-TRANSPIRATION -

Nous n'avons pas de mesures directes de l'E T P et les évaluations données par les formules (Voir Annexe) doivent sous-estimer notablement la réalité ainsi qu'on a pu l'apprécier à Tuléar.

L'ensoleillement est important (non mesuré)

INCIDENTS METEOROLOGIQUES -

On observe parfois des chutes de grêle (fréquence semblant se situer entre 1 fois tous les 3 ans et 1 fois tous les 5 ans sous réserve).

---

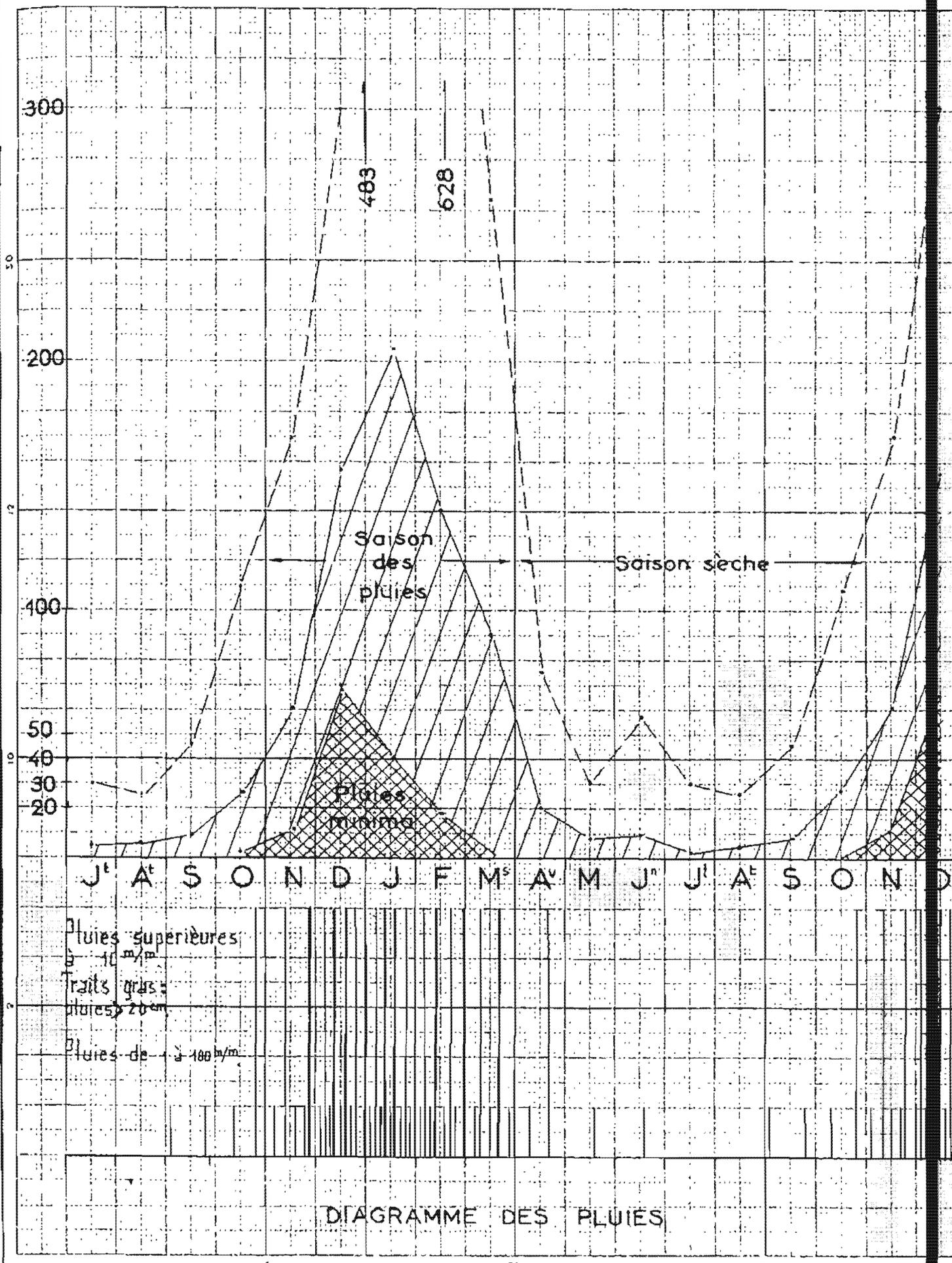
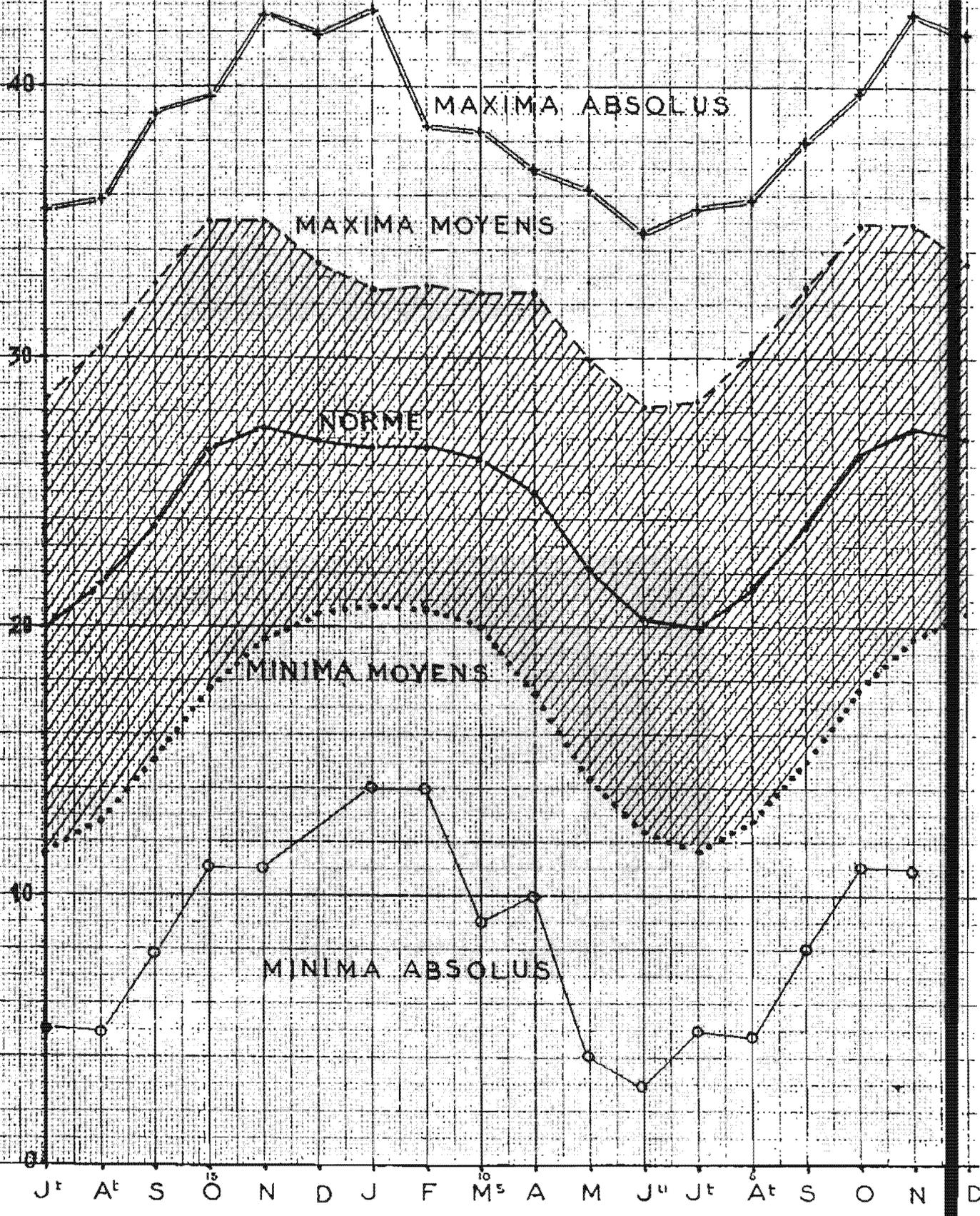


DIAGRAMME DES PLUIES

# TEMPERATURES ANKAZOABO





Sable, roux typiques =  
à droite *Pongorahara*  
(*Strobospermum*)



Sokoa (*Banyantia Africa*)

III

VEGETATION NATURELLE

Il est vraisemblable qu'originellement l'ensemble de la région était enforestée.

Nous avons pu à plusieurs reprises recueillir des témoignages de personnes âgées attestant que certaines zones étaient autrefois en forêt = ils avaient pu le voir personnellement ou bien l'avaient entendu dire par des personnes de générations antérieures.

Il reste actuellement quelques lambeaux de forêts mais l'essentiel des sables roux est occupé par une savane arborée très claire dont les essences sont bien définies :

A - STRATES ARBORÉES - ,

1°- La strate arborée haute est constituée avant tout par les "mangarahara" (*stéréospermum*) ou "arbre de fer" aux feuilles argentées et aux troncs gris squameux.

Sur sables roux très dégradés ils constituent la seule essence arbustive persistante.

Une essence noble, le "Kily" (*Tamarindus indicus*) se retrouve plus rarement, et sur des sols plus favorables.

Ces Kily semblent être des vestiges de la forêt originelle, s'étant essentiellement conservés dans les endroits non atteints par le feu (dans les villages, les lambeaux de forêt).

2°- La strate arborée moyenne est dominée par le "Sakoa" (*Poupartia caffra*) dont la fréquence est généralement signe d'un sol moins dégradé que celui des savanes à Mangarahara en peuplement pur.

3°- Enfin la strate arborée basse est dominée par le "Tsingi-lofilo" (*Celastrus linearis*) assez ubiquiste mais sensible au feu.

Citons également le Tsinefo (*zizifus sp.*) assez fréquent sur les sables roux humifères, mais dont la présence n'est pas régulière sur ces sols.

.../..



Tringilofilo  
(*Celastrus linearis*)



Danga  
(*Heteropogon contortus*)

B - VARIATIONS MARGINALES DE LA STRATE ARBOREE -

Dès que l'on a une hydromorphie en profondeur ne fut-ce que temporaire, le peuplement se modifie considérablement =

- Le mangarahara disparaît radicalement.

- Le tsingilofilo se manifeste souvent par une densité relativement forte parfois peuplement pur, ce qui est une excellente indication pour ces sols, avec la présence de termitières de couleur gris noir au lieu de brun-rouge.

Il s'ajoute souvent d'autres essences = l'adabo (ficus sakalavaran), l'attratra (Phoenix) et sur les sols à très forte hydromorphie le fandra (Pandanus) mais nous sortons alors des zones marginales

Si nous citons ces essences et d'autres plus rares, comme l'acia farnesiana, l'hyphoene shattan qui s'associent à un régime hydrique ou plus généralement un niveau de fertilité meilleur que celui des sables roux "typiques", c'est que la transition entre les divers types de sols n'est pas toujours franche et les zones intermédiaires, qui n'ont pas les caractères phytosociologiques des sables roux "typiques" sont les plus intéressantes des zones de sables roux, si tant est que leur surface est restreinte.

C - STRATE HERBACEE -

Le "danga" ou "aldambo" (hétéropogon contortus) est la graminée omniprésente.

Sur sables roux "typiques" elle est en peuplement pratiquement pur.

Il est possible d'apprécier à la vigueur et à la densité des peuplements de danga le niveau de fertilité du sol, mais nous n'avons pas encore de données suffisantes pour définir des règles.

Il est possible de trouver par touffes quelques autres graminées sur ces sables roux typiques, sans que cela soit une indication sérieuse sur le bord des sentiers, aux abords d'un sakoa ou d'un tsingilofilo, on pourra trouver par exemple des touffes de "vero" (hyparrhenia rufa) que leur taille révèle de loin.

Mais nous ne nous étendrons pas sur les graminées relativement rares que l'on peut trouver sur ces sols (cenchrus echinartus, pogonanthria squarrosa, tricholoena monachne, etc...)



Vero  
(*Lycopodium rufum*)



*Paspalum*  
*maximum*  
(Cane de Guiné)

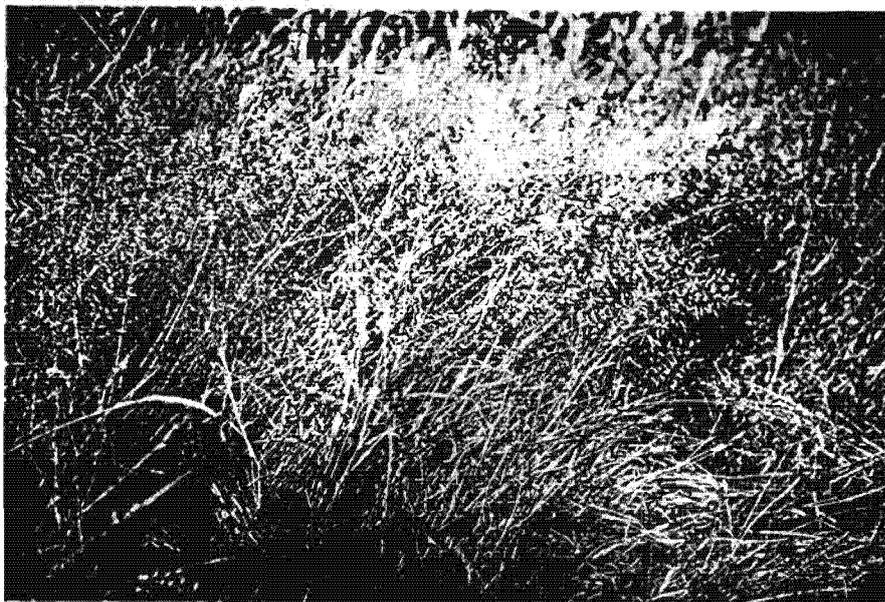
Le Vero devient tout de suite abondant sur sables roux humifères où il couvre généralement des taches importantes.

Sur ces sols plus riches, l'éventail de la flore sera du reste beaucoup plus large :

Citons aussitôt après le Vero, le *panicum maximum* (herbe de Guinée) assez fréquent. Ensuite divers sorghum spontanés (Sorgho alepense etc...), le *Rothbelia exalta* (Calaf), l'*éragrostis cilianensis* (sarivar), l'hériosema (voapika), l'énéapogon mollis, le *digitaria biflorus*, le *botriochloa* sp., divers *éragrostis*, le *rhynchelitrum vilosum*, etc...

Cette flore se modifie encore sensiblement sur sables roux humifères hydromorphes en profondeur (à 1 m - 1,50 m) avec dominance du Vero (*hyparrhonia*) par endroits associé au Calaf (*Rothbelia*) etc...), le voapika (*hériosema*) apparaît plus fréquemment.

Nous résumons sur deux tableaux les caractères essentiels des types de sol cités que les coupes phytosociologiques décrivent par ailleurs.





Sables roux typiques  
(Au centre = porc & boeufs)

STRATE ARBOREE

	Mangara- hara	Sakoa	Tsingilo- filo	Tsinefo
Sables roux très dégradés	XXXX		X	
Sables roux typiques	XXXX	X	XXX	
Sables roux hunifères	XX	XX	XXXX	X
Sables roux hunifères - hydromorphes en profondeur		XX	XXXX	X

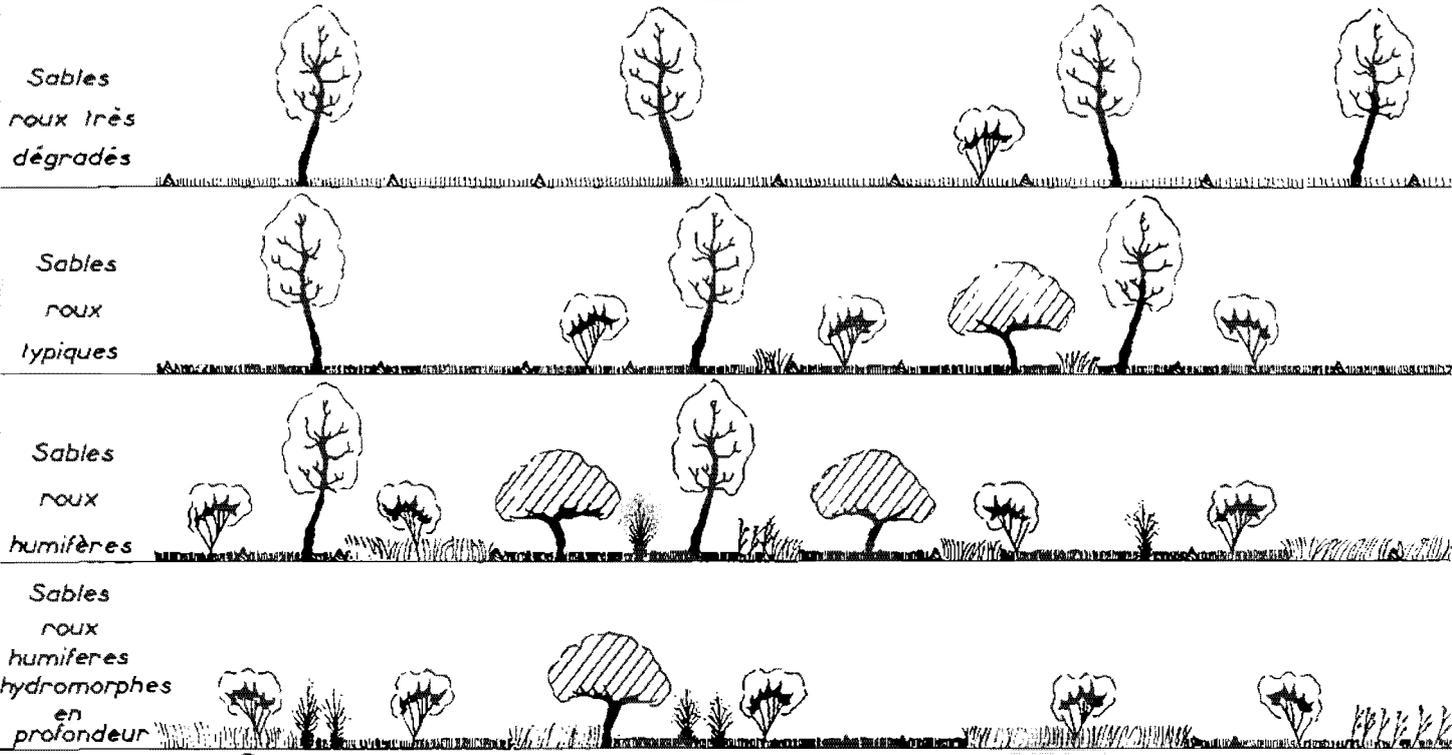
Légende : XXXX fortement dominant  
 XXX important  
 XX assez fréquent  
 X facultatif

STRATE HERBACEE

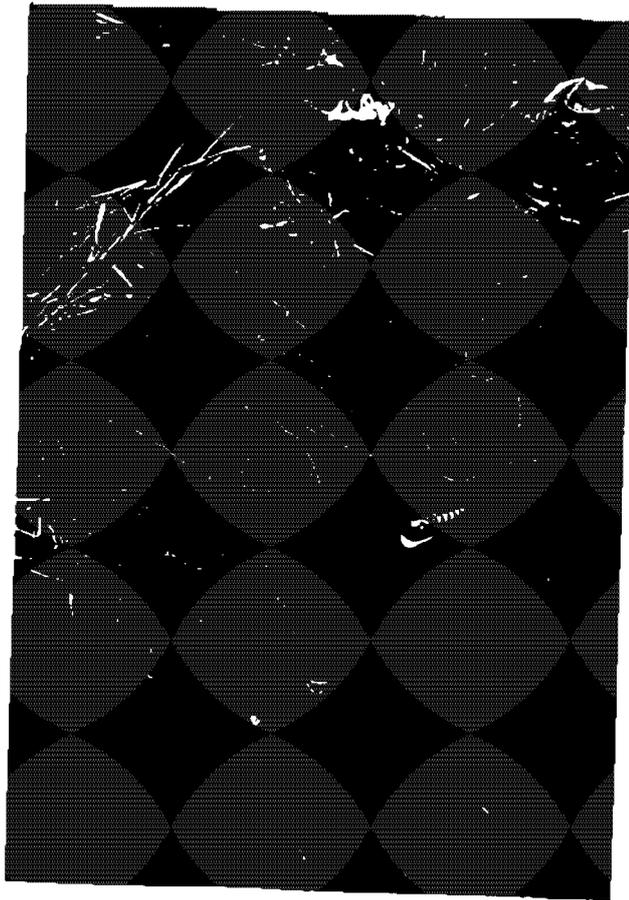
	Danga (hétéropogon contortus)	Vero (hyparrhenia rufa)	Panicum maximum	Calai (Rothbrotia ta)	Sarivary (eragrostis cilianensis)	Rhytidiophora
Sables roux très dégradés	XXX					
Sables roux typiques	XXXX	X				
Sables roux hunifères	XXX	XXX	XX	X	X	X
Sables roux hydromorphe en profondeur	XX	XXXX	XX	XX	X	X

Légende : XXXX fortement dominant  
 XXX abondant  
 XX assez fréquent  
 X facultatif

# COUPE PHYTOSOCIOLOGIQUE



Mangabana <i>Stenopogon</i>	Sakoa <i>Paspalum</i>	Tsingilofilo <i>Scaevola</i>	Danga <i>Heteropogon</i>	Vero <i>Hyparrhenia</i>	Panicum <i>Panicum</i>	Rothbellia <i>Rothbellia</i>	Terminalia <i>Terminalia</i>	Euphorbia <i>Euphorbia</i>



Profil de  
sables roux.

IV

LES SOLS

A - GENERALITES

Ces sols appartiennent à la classe des sols ferrugineux tropicaux. (Voir analyses en annexe).

Ainsi que leur nom des "sables roux" l'indique, ils se caractérisent en premier lieu par une importante fraction de sable grossier = teneur descendant rarement au-dessous de 50 %, et se situant plus généralement autour de 60 %. (Il s'y ajoute 10 à 20% de sables fins).

Corrélativement, la teneur en argile est faible et le complexe absorbant est réduit à quelques milli-équivalent pour 100, tandis que les réserves en eau sont très faibles.

Il résulte de tout cela un potentiel fertilité assez bas. Considérons quelques profils type =

B - PROFIL DE SABLE ROUX "TYPIQUE" -

0 - 10 cm. : Horizon humifère brun-gris, tirant souvent sur le roux. Texture grossière, faible teneur d'argile au toucher; nombreux résidus organiques mal décomposés. Structure grumeleuse fine à particulaire, assez instable; terre meuble bien affouillée par les racines.

10 - 30 cm. : La transition est assez brutale, sur quelques cm on passe à une couleur brun-roux avec la même texture.

La structure primaire est continue, secondaire grumeleuse fine à particulaire. La terre est moins meuble, assez compacte en saison sèche, mais l'enracinement du "danga" est encore très bon.

30 - 90 cm. : Passage progressif à une couleur roux plus franche, toujours même texture, structure primaire continue. La structure secondaire est plus nettement particulaire - enracinement encore visible du danga.

Au dessous de 90 : Le sol s'éclaircit parfois légèrement = passage à un roux tirant sur le beige - peu de différence avec l'horizon précédent en dehors de la couleur et l'enracinement qui disparaît peu à peu.

C - VARIANTES DE PROFIL

Sables Roux dégradés -

L'horizon de surface est mince, (5-7 cm) de couleur brun-rouge, saupoudré en surface (quelques millimètres) de sables grossiers blanchâtres.

La structure est généralement moins stable et tend plus vers le particulaire que vers le grumeleux fin.

Horizons inférieurs identiques.

Sables jaunes roux -

Même profil que sable roux typiques sauf que, à partir de 20-30 cm la couleur s'oriente insensiblement vers le beige-roux puis le jaune-roux et vers 1 m souvent vers le jaune-grisâtre.

Les sols ainsi observés semblent avoir une texture plus grossière que les précédents.

Sables roux humifères -

L'horizon supérieur brun-gris à brun-noir est plus important (15-20 cm), les agrégats sont de dimension plus étagée allant jusqu'au nuciforme, mais assez instables malgré tout.

Au dessous, la transition est progressive du brun-gris au brun rouge en passant par le brun-beige roux; agrégats plus individualisés.

Horizons inférieurs analogue aux sables roux typiques.

Mais venons-en aux caractéristiques analytiques.

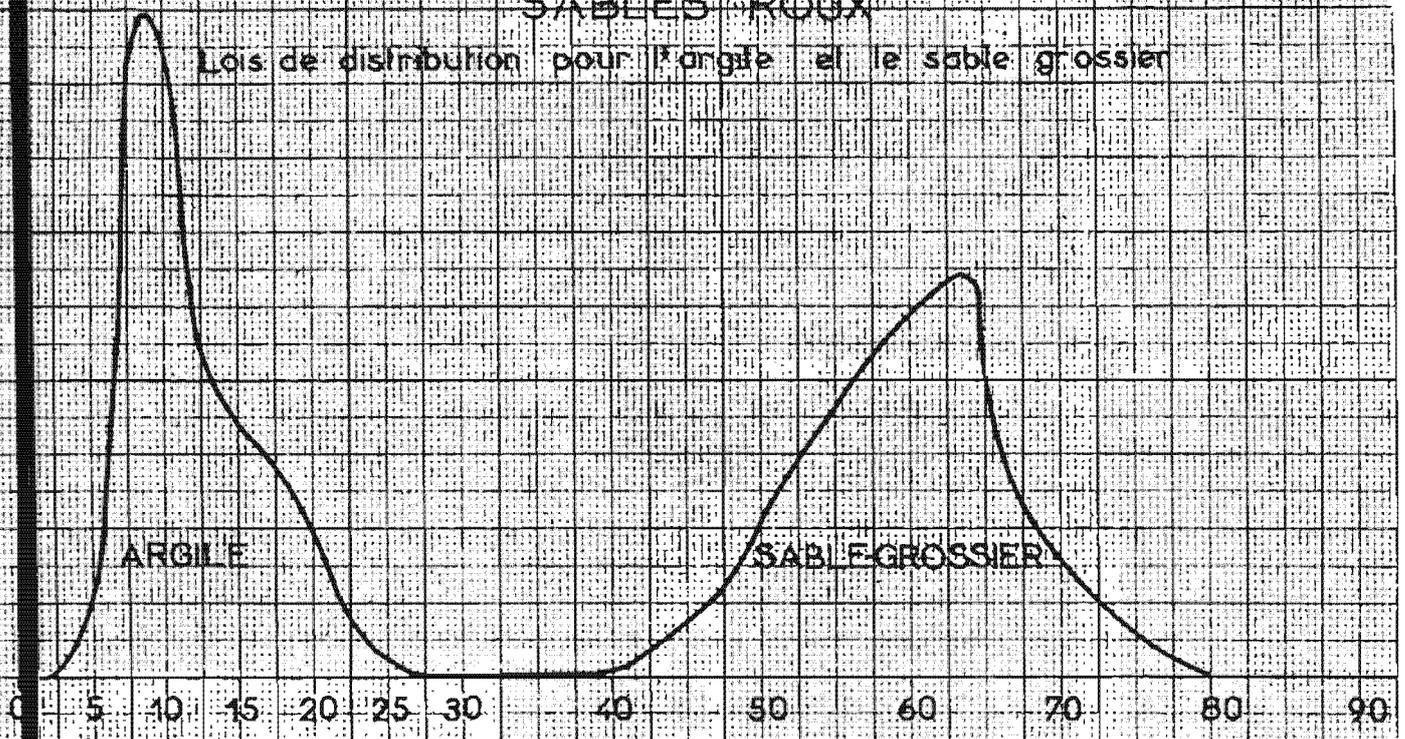
D - T E X T U R E

Sur l'ensemble des prélèvements que nous avons fait dans une trentaine de localités, les médianes de l'analyse texturale sont :

	<u>Pour le</u> <u>Secteur Sud</u>	<u>Pour le</u> <u>Secteur Nord</u>	<u>Pour</u> <u>l'ensemble</u>
Argile % .....	12 %	8 %	11 %
Limon fin .....	5 %	5 %	5 %
Sable fin .....	16,5 %	12,0 %	14,5 %
Sable grossier .....	58,1 %	68,1 %	60,5 %

# SABLES ROUX

Lois de distribution pour l'argile et le sable grossier



(Il convient de remarquer que les prélèvements se répartissent pour les 2/3 dans le secteur Sud et 1/3 secteur Nord).

La distribution statistique n'est pas symétrique = c'est la raison pour laquelle nous ne parlons pas de moyennes (1) .

Nous voyons qu'il existe des disparités selon les zones, de même que l'on en trouve dans les profils.

Mais en dehors des profils remaniés en surface (entraînement ou apports d'éléments fins en particulier) - profils que nous avons exclus du bilan - nous n'observons pas de différence texturale notable sur 1,20 m. En particulier, pas de lessivage.

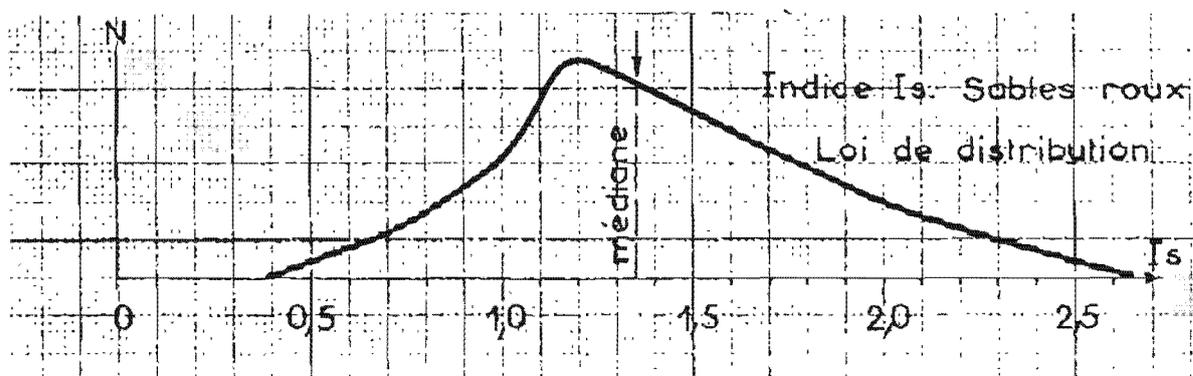
#### E - STRUCTURE - PERMEABILITE - RETENTION -

Dans l'examen des profils type, nous avons pu constater la nature de la structure = agrégats en général de petite taille, se désagrégant sous une faible pression du doigt pour restituer les éléments texturaux d'autant plus facilement que l'on descend dans le profil. A partir de 30 cm la structure secondaire est pratiquement particulaire.

Les tests Hénin de stabilité structurale ont été effectués de façon assez systématique et donnent les résultats suivants :

Pour l'ensemble des prélèvements, la médiane pour  $I_s$  est 1,370 dans l'horizon de surface, avec une gamme allant de 0,538 à 2,544.

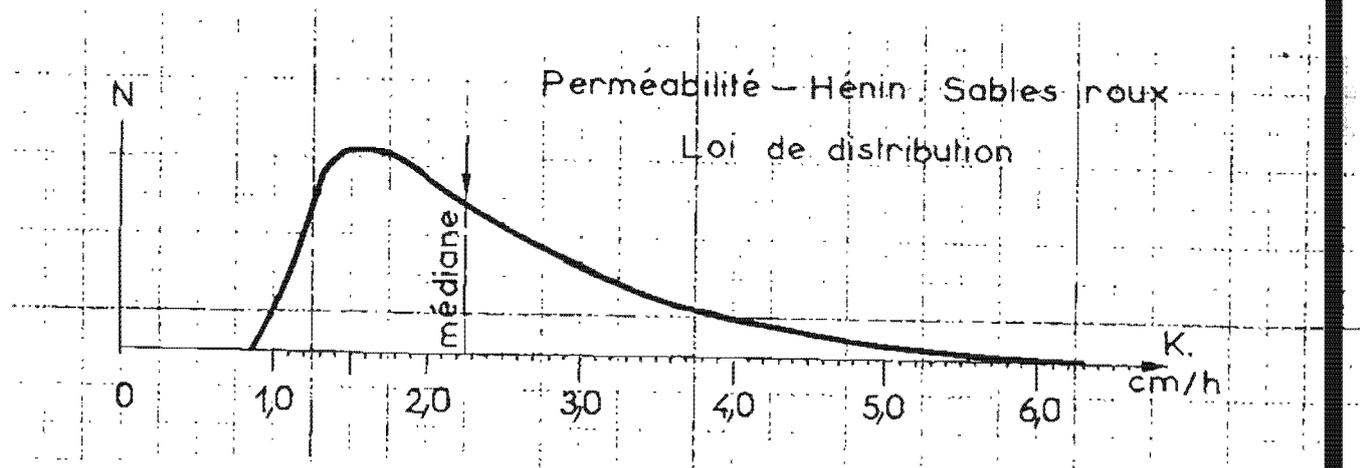
La loi de distribution est la suivante :



(1) A titre de curiosité celles-ci sont :

Argile	= 11,7 %	Sable grossier	= 59,6 %
Limon fin	= 6,5 %	Sable fin	= 20,2 %
Limon grossier (ou sable très fin)	= 2,0 %		

De même pour l'indice K de perméabilité, la médiane est 2, 231 cm/h avec une gamme allant de 0,985 à 6,70, selon la loi de distribution suivante :



Quand on considère l'évolution en profondeur, on constate que dans le cas général l'instabilité augmente. Sur une moyenne de 25 profils, l'indice  $I_s$  prend les valeurs suivantes :

Horizons	Indice $I_s$
0 - 10 cm	1,388
10 - 50 cm	1,736
50 - 100 cm	1,800

La rétention en eau est faible, mais mal traduite par les valeurs d'humidité équivalente pour lesquelles la pression d'extraction est trop forte.

Nous avons en cours un programme de contrôle de rétention réelle : mesures d'humidité par passage à l'étuve après humectation du profil et décantation en abritant le sol de l'évaporation directe.

Nous ne possédons pas une gamme suffisante de sols actuellement pour donner des résultats précis, mais les points suivants semblent pouvoir être avancés =

- La rétention des sols se situe quasi généralement entre 6 et 12% d'humidité, la médiane paraissant se situer aux alentours de 9% .

- Les variations sont principalement fonction de la teneur en argile (limon aussi à moindre degré) et en matière organique.

- La structure du sol en place joue aussi un rôle essentiel, ce qui diminue considérablement la valeur des tests de laboratoire, surtout pour l'horizon superficiel.

- Enfin si l'on veut envisager un pF d'extraction se rapprochant de la réalité, il semble falloir le situer entre 2,5 et 2,8 sans doute plus près de 2,5.

#### F - MATIERE ORGANIQUE - BIOLOGIE DU SOL

La présence d'un horizon humifère nettement tranché nous frappe. En dépit d'un rapport C/N pas très accentué (moyenne 15,9), la matière organique est fort mal décomposée, surtout si le sol n'a pas été perturbé depuis longtemps, ou n'a pas subi de dégradation importante (érosion, etc).

On trouve alors souvent des C/N de 20 - 25 .

Ceci semble s'expliquer par le régime hydrique et climatique de ces sols.

Les précipitations, nous l'avons vu, sont concentrées sur une période restreinte de l'année, où de plus elles se déversent en une vingtaine de pluies pratiquement.

L'effet de ces pluies s'efface rapidement = rétention faible du sol, chaleur forte, sol mal couvert.

Aussi la période d'activité microbienne est-elle relativement courte.

La mauvaise protection végétale du rayonnement solaire, qui amène le sol à des températures élevées est aussi un facteur néfaste pour la vie microbienne.

Il en résulte donc une minéralisation mauvaise de la matière organique, et bien que l'apport annuel de la végétation soit faible, une quantité relativement importante de matière organique se localise dans l'horizon de surface .

En caricaturant nous pourrions presque dire qu'elle est "fossilisée" mais le terme est quand même trop fort.

#### G - ASPECTS CHIMIQUES -

Ces sols peuvent se caractériser par une très faible capacité d'échange, surtout dans les horizons non humifères, par une carence marquée en Phosphore, et un bon approvisionnement en calcium.

Ainsi, la capacité d'échange passe d'une moyenne de 6,75 dans l'horizon supérieur à 4,43 dans l'horizon sous-jacent, et 3,94 vers 1 m de profondeur.

Pour le Phosphore et les Bases échangeables, les moyennes sont :

	Ca	Mg	K	Na	S	T	p <sup>205</sup>
	n.e.%	n.e.%	n.e.%	n.e.%	n.e.%	n.e.%	assim.‰
Horizon de surface (0 - 10 cm)	5,71	1,40	0,52	0,48	7,68	6,65	0,072
Horizon de sous-jacent (10 - 30cm)	3,12	0,70	0,23	0,05	4,10	4,43	0,028

Remarquons que dans l'horizon de surface en particulier, la somme des bases échangeables est fréquemment supérieure à la capacité d'échange = Ceci est dû à la présence du Calcium; le pH est cependant légèrement acide (moyenne 5,9) ce qui semble lié à l'influence de la matière organique.

La révélation des carences par la méthode des vases de végétation (méthode Chaminate) est fort significative.

Dès la 1<sup>re</sup> coupe, il apparaît une nette carence en phosphore ce qui était déjà annoncé par les analyses.

Cette carence se précise par la suite, mais dès la seconde coupe, il apparaît une carence nette en Soufre.

Le potassium que les analyses donnent à un niveau plutôt bas, s'épuise régulièrement et la carence commence à apparaître à la 3<sup>re</sup> coupe. A ce niveau, il est peu probable que la carence soit inquiétante sur le plan agronomique.

Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que le niveau est bas, de même que la capacité d'échange est faible.

Les fumures potassiques ne devraient pas être négligées dans une rotation culturale.

Si l'on observe que l'azote est à un niveau fort bas et qu'une culture normale nécessiterait des apports de cet élément, il pourra être facile en l'apportant sous forme de sulfate d'ammoniaque d'enrayer la carence en Soufre, qui est moins virulente que celle en Phosphore.



V

CONCLUSIONS PROVISOIRES

Les sables roux nous apparaissent comme des sols aux possibilités limitées.

En corollaire d'une faible teneur en colloïdes et en matière organique, la capacité d'échange est faible de même que la rétention en eau.

Pauvreté minérale conditionnée par ce facteur et particulièrement éprouvée pour le phosphore.

La physique du sol ne doit pas moins retenir l'attention = l'horizon humifère est mince, le sol s'effrite aux façons culturales.

Sa structure défectueuse lui donne un comportement relativement peu perméable aux précipitations orageuses et provoque ainsi une forte sensibilité à l'érosion.

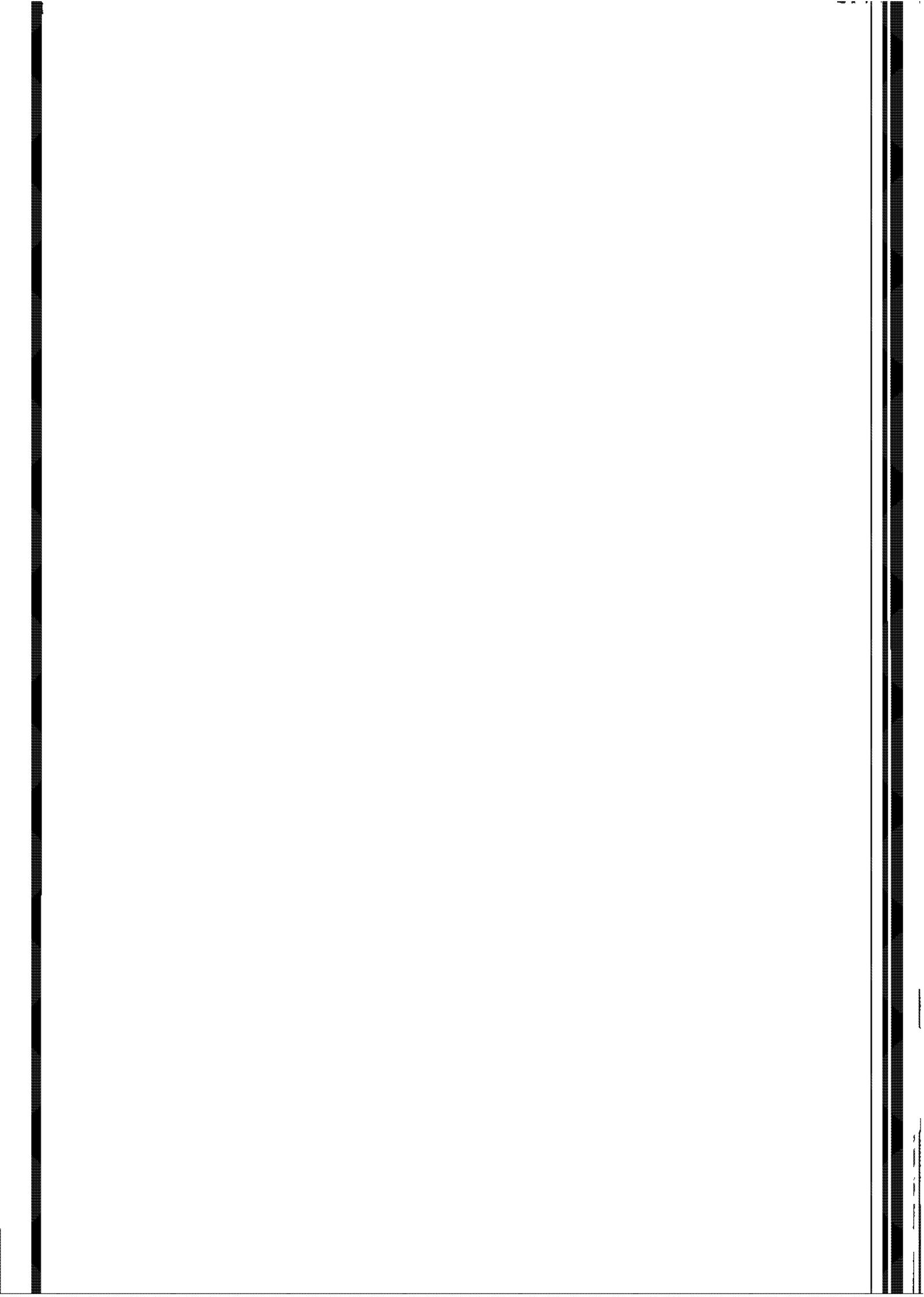
La fraction colloïde en supporterait l'effet le plus direct avec les conséquences qui sont forcément liées sur le plan chimique autant qu'physique.

C'est ce que nous allons tenter d'évaluer tout en portant notre regard sur l'expression par les cultures du niveau de fertilité.

2-ème Partie

EVOLUTION DES SOLS  
SOUS CULTURE

---



## EVOLUTION DES SOLS SOUS CULTURE

### A - P R E A M B U L E

L'étude de cette question nécessite une expérimentation longue avec des moyens importants. Quelle est l'action des diverses cultures sur les sols, l'action des diverses techniques de travail du sol, des diverses pratiques possible d'une même culture ?

Nous ne ferons ici qu'un certain nombre de constatations, répondant à une part très limitée de la question.

Cela nous ouvrira seulement sur les dangers d'une culture méconnaissant les conditions que pose son application et orientera pour une part nos recherches.

### B - A B O R D D U P R O B L E M E -

Dans une phase de reconnaissance, nous avons effectué <sup>des</sup> couplages e tests physiques dans le périmètre d'Ankazoabo :

Comparant en un même point les caractéristiques analytiques d'un sol sous culture à celles d'un sol très proche épargné par la culture, du moins dans les dernières années.

Un des tests se révéla très vite éloquent: la rétention en eau du sol en place. Il nous semblait en effet que les variations de rétention donnée par mesure de laboratoire (méthode Richards) exprimaient mal les variations réelles (1)

Par ailleurs, le test Hénin de stabilité structurale semblait demander un grand nombre de prises sur le terrain, vu la variabilité de échantillons.

Par contre, les prélèvements de terre pré-humectée accusaient de différences nettes :

Exemples :  Manarilava à 500 m environ au S du village

1°)- Prairie de danga = humidité du sol =  $h = 8,71 \%$

2°)- Champ labouré l'année précédente mais non planté =  $h = 6,54 \%$

3°)- Champ cultivé depuis 5 ans en Arachides =  $h = 4,50 \%$

(1) Voir annexes.



Ambalamarina à 300 m S.W. de la case I.R.C.T. =

1<sup>o</sup>) - Prairie à base de danga et de pennisetum maximum = h = 7,43%

2<sup>o</sup>) - Champ cultivé en Arachides depuis 1 an = h = 5,78 %

On voit que les différences sont considérables.

Mais ces mesures demandaient une confirmation par des séries de prélèvements systématiques, en des lieux divers.

#### 0 - ANALYSES SYSTEMATIQUES -

Notre méthode a été la suivante :

- Choix dans la région d'Ankazoabo d'un certain nombre de champs (7 localités) en bordure desquels on pouvait trouver des terrains non cultivés depuis une dizaine d'années (l'incertitude demeurant souvent pour la période antérieure).

- Humectation du sol en 5 points de la surface en culture (distants de 10 à 20 m) et en 5 points de la surface en prairie. Protection contre l'évaporation directe.

- 48 h de décantation.

- Prise d'échantillons (horizon de surface) dans des sachets de plastique hermétiques (Il a donc été pris 70 échantillons pour 14 séries couplées) - Passage à l'étuve à 105°

Parallèlement aux mesures d'humidité, nous avons fait l'ensemble des analyses physiques et chimiques courantes de nos laboratoires.

Les résultats sont analysés dans les deux tableaux qui suivent. On a donné les moyennes (1) de chaque groupe de 35 échantillons.

Moyenne A = Champs cultivés en arachides pendant 3 à 7 ans (non consécutifs nécessairement) dans les 10 ans qui précèdent.

- - - - -  
(1) On trouvera les détails en annexes.

Moyenne B - prairies voisines en jachère longue (autant qu'il est possible de savoir).

ANALYSES PHYSIQUES

		Moyenne B	Moyenne A	Perte moyenne	Perte relative
	Argile	12,0 %	10,0 %	2,0 %	16,7 %
	Linon	6,4 %	6,0 %	0,4 %	6,2 %
Is (Hénin)	Stabilité	1,440	1,847	0,407	22,0 %
K (Hénin)	Pernéabilité	4,19	3,05	1,14	27,2 %
	Rétention aux champs	10,08 %	6,55 %	3,53 %	35,0 %

ANALYSES CHIMIQUES

		Moyenne B	Moyenne A	Perte moyenne	Perte relative
	Carbone %	1,542	1,04	0,502	32,6 %
	Azote %	1,16	0,70	0,46	39,7 %
	Matière Organ.	2,66	1,80	0,86	32,6 %
	C/N	13,4	15,45	//////////	//////////
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. ‰	0,134	0,064	0,070	52,2 %
	Ca n.e %	8,03	4,02	4,01	49,9 %
	Mg n.e %	1,79	1,11	0,68	38,0
	K n.e %	0,54	0,39	0,15	27,8 %
	Na n.e %	0,04	0,03	0,01	25,0 %
Somme des bases échang.	S n.e %	10,41	5,56	4,85	46,6 %
Capacité d'échange	T n.e %	7,34	5,00	2,34	31,9

Nous voyons que la dégradation du sol n'est pas moins sensible, bien au contraire, sur le plan chimique que sur le plan physique.

Parmi les pertes les plus fortes, les éléments les plus solubles évidemment : Azote, Calcium, Magnésium.

Mais le phosphore accuse une perte de 52 % = La cause réside avant tout dans l'épuisement par la culture.

Le niveau d'origine était déjà faible, la culture l'a descendu à un niveau très bas.

La perte des colloïdes humiques peut être tenue pour principale cause de la dégradation de la structure (cf. Is et K).

Elle intervient donc doublement dans la perte de rétention en eau.

Elle intervient par ailleurs dans l'abaissement de la capacité d'échange (chute de 32 %).

Sur d'autres couplages de sols, nous avons pu constater que la dégradation physique était inférieure certes dans les horizons sous-jacents mais importante cependant (analyses incomplètes à ce jour) =

Ainsi pour 21 couplages de sols, la moyenne Is passait de 1,006 à 1,663 dans l'horizon 0-10 ce qui correspond à une "augmentation d'instabilité" de 39,5 %. Alors que dans l'horizon 10-20 cm la moyenne de Is passait de 1,228 à 1,873, ce qui correspond à une augmentation d'instabilité de 34,4 %.

#### C O N C L U S I O N S -

La perte de fertilité ainsi constatée est très importante. La culture pratiquée inconsidérément l'abaisse à un niveau tel qu'il devient très difficile de la restaurer = La chute de la capacité d'échange, l'instabilité plus grande des sols ne pourra se reconstituer sans gros efforts. Le rôle de la matière organique sera certes essentiel dans la restauration, mais la mise au point de moyens accessibles par le paysan ne sera pas sans problèmes.

De toute façon, les réserves minérales que ces sols peuvent retenir sont faibles donc vite épuisées :

Le problème de la régénération comme du maintien de la fertilité apparaît donc complexe.

3-ème Partie

---

PROBLEMES DE LA  
FERTILITE

---

- A - NIVEAUX DE FERTILITE
- B - INDICES DE VOIES DE REGENERATION
- C - ABORD DES SOLUTIONS.

## PROBLEMES DE LA FERTILITE

### CHEMINEMENT -

Nous jetterons un coup d'oeil sur les niveaux de fertilité tels qu'on peut les évaluer à travers les données de la culture traditionnelle et à travers quelques données expérimentales.

Nous rechercherons à travers nos observations les indices qui nous permettent de déceler les facteurs de régénération.

Enfin, nous examinerons les voies possibles d'une régénération tout en envisageant les conditions de réalisation au niveau du paysan et les problèmes agronomiques généraux que pose la mise en culture.

### A - NIVEAUX DE FERTILITE -

L'évaluation des niveaux de fertilité nous renvoie à un examen de cultures traditionnelles qui peuvent nous donner une première série d'indications.

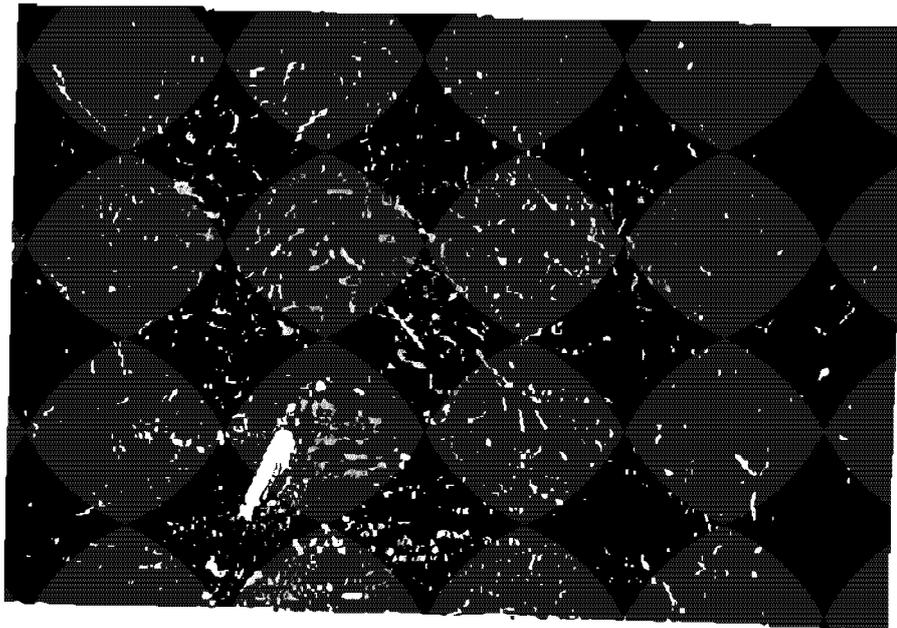
#### 1<sup>o</sup>) - Cultures Traditionnelles -

Sur sables roux, plus ou moins humifères, les cultures que nous pouvons observer sont principalement = Arachides - Manioc - Maïs - Vohomba (*Vigna sinensis*).

Ce sont les Arachides que l'on retrouve le plus souvent bien que les surfaces plantées subissent d'assez grandes fluctuations.

En culture paysanale, les rendements vont de 0 à 1,7 T/ha environ. Il est très difficile de comparer des rendements car les conditions de culture, l'écartement en particulier, sont assez anarchiques.

Il est important de savoir si l'on est en 1<sup>o</sup> année après défriche car on croit observer un effet dépressif assez important par rapport à une 2<sup>o</sup> année de culture.



Anacarde "travika"  
sur saules, rose lumineuse  
en culture paysanne

Enfin toutes choses égales par ailleurs, avec une pluviométrie moyenne et un écartement traditionnel (de l'ordre de 60.000 pieds/ha) on peut donner les niveaux de départ suivants :

Sables roux humifères = 1,3 à 1,7 T/ha.

Sables roux "moyens" = 0,9 à 1,3 T/ha.

Sables roux dégradés = de 0,9 à 0,2 T/ha.

En fait, nous avons parfois constaté des rendements absolument nuls sur des champs cultivés depuis plus de 5 ans en Arachide. Il existe ainsi des superficies assez importantes déjà de sols que les paysans ont renoncé à cultiver, au terme de leur épuisement. Ils les appellent les "tany maty" terres mortes.

Nous n'avons pu recueillir un nombre assez important de rendements avec connaissance des antécédents cultureux pour pouvoir donner de façon assez nette l'évaluation des rendements avec l'épuisement du sol.

Cependant, il semble que les rendements traditionnels supérieurs à 1,5 T/ha. soient liés aux facteurs suivants :

- Carbone  $\rightarrow$  2,00 % avec C/N de 8 à 12
- Ca (m.e.)  $>$  4,00 % avec Ca/Mg entre 6 et 8
- Phosphore assimilable  $>$  0,08 ‰
- Indices  $\left\{ \begin{array}{l} I_s < 1,2 \\ K > 3,0 \text{ cm/h} \end{array} \right.$
- Rétention  $\rightarrow$  8,0 %

Il est évidemment possible que des "compensations" jouent dans une certaine mesure.

Ainsi, nous avons vu 1,550 T/ha malgré 0,052 ‰ de Phosphore assimilable, mais l'on avait =

C = 2,95 % , N = 3,00 ‰ , Ca = 8,73 m.e % , Mg = 1,64

Par ailleurs on a vu le même rendement avec K = 1,40 cm/h, mais  $I_s = 0,950$ .

On a encore observé 1,650 T/ha avec K = 2,76 cm/h. mais avec  $I_s = 0,994$ .

Mais nous ne pouvons nous risquer plus loin avec les données actuelles.



Casaca en Phosphore généralisé  
sur champs d'arsénite en 5<sup>e</sup> année  
de culture (Niveau de départ = 0,008% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Le Manioc est moins résistant que l'arachide. Nos données sont plus réduites en ce qui concerne les résultats de rendements.

En fait le manioc se cultive surtout sur sables roux humifères hydromorphes en profondeur. Dès que l'on sort de ces sols, il semble que le rendement chute assez vite au dessous de 1 T/ha.

L'écartement approximatif le plus faible est de 1,5 m x 1,5 m en culture pure. Il s'étire vite en culture associée.

En effet, le manioc est fréquemment associé au maïs et au vohemba (*Vigna sinensis*).

Le maïs ne pousse généralement pas sur sables roux typiques, s'il pousse il ne graine pratiquement pas = le plant a une couleur vert pâle tirant sur le jaune et des franges de nécrose caractéristiques d'une faim en azote prononcée.

Le Vohemba est souvent cultivé, par les Antandroy en particulier.

C'est avec l'arachide la seule culture qui tienne le coup sur sables roux "typiques".

L'ensemble de ces cultures se pratique sur préparation du sol très rudimentaire à l'angady, équivalent à un binage.

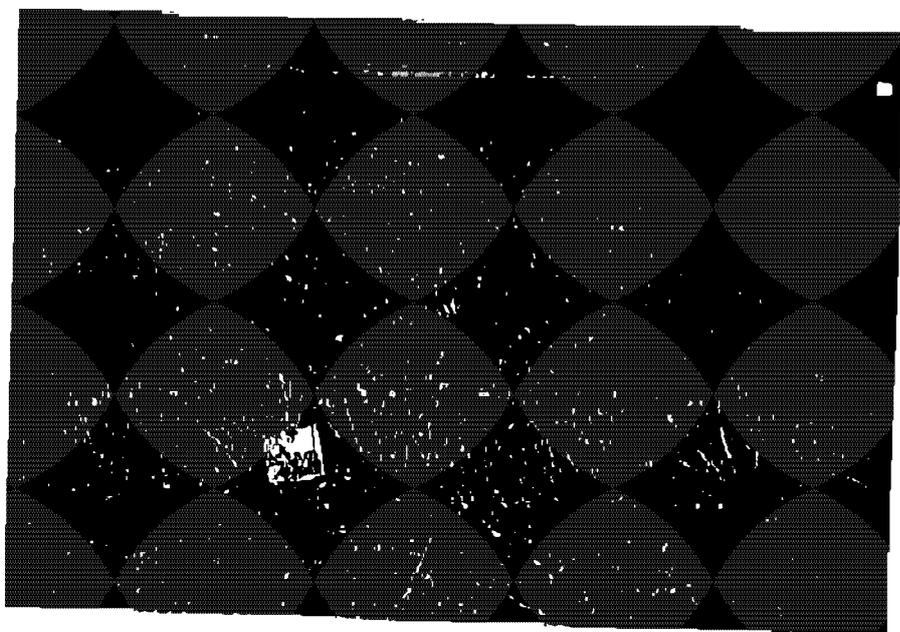
Les graines sont ensuite déposées par poquets de 2-3 dans des trous confectionnés en deux coups d'angady symétriques. Les graines sont recouvertes avec le pied.

Les bois de Manioc sont mis par couples et sont butés dès le départ

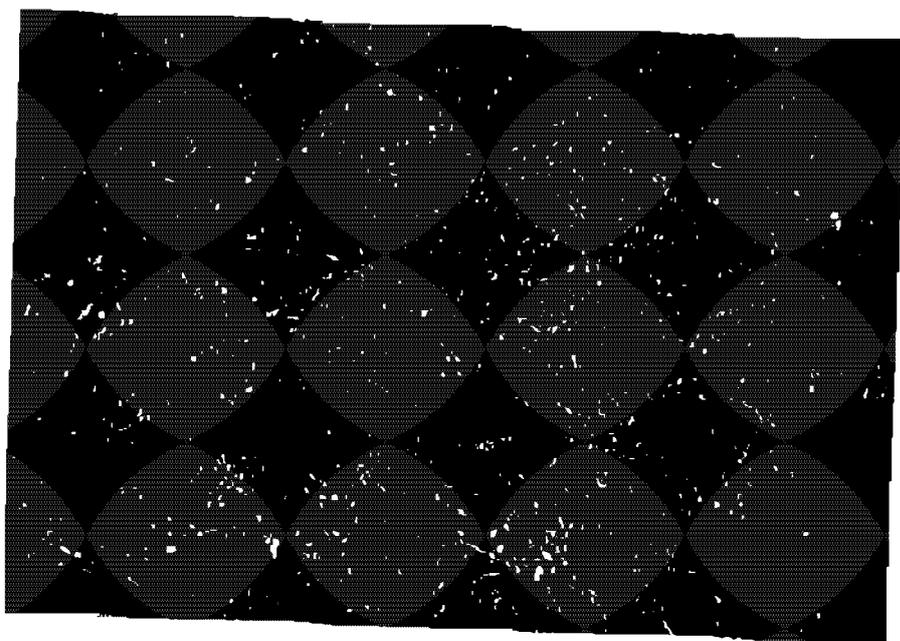
Les sarclages sont très irrégulièrement pratiqués. Généralement, les adventices détruites sont laissées sur place, de même que lors du "binage initial" - sauf dans le cas de l'arachide. Avant de clore ce tour d'horizon, il nous faut signaler l'introduction ces toutes dernières années de la culture attelée sur les "sols à coton", pratique qui tend à s'élargir aux zones environnantes.

Cela semble améliorer quelque peu les rendements de base dont nous parlions tout à l'heure, les plantes disposant d'un volume de sol exploitable plus important, donc d'une alimentation meilleure.

(Il nous reviendra plus loin de considérer la sensibilisation à l'érosion et l'accélération de la dégradation amenées par cette pratique).



Essai Anachide,  
EBAM  
sur sable rose  
~~à tendance~~  
lumineuse.  
(R<sup>dt</sup> = plus de 20/ha)



Essai Anachide NV II '66 sur sable, rose  
typiques, en 1<sup>re</sup> année de diffusion.  
(R<sup>dt</sup> = 1,1 t/ha)

## 2<sup>e</sup>) - Cultures contrôlées -

Les précisions que nous avons donné sur les techniques culturales nous permettent d'apprécier l'amélioration qui peut être apportée aux rendements par une culture améliorée.

Avec un écartement plus adapté et des variétés sélectionnées, on obtient une amélioration de rendements de 50 à 80 % sur l'arachide.

Sur défriche, les rendements sont cependant extrêmement irréguliers :

Une idée de l'hétérogénéité du sol nous sera donnée par les photos ci-jointes qui montrent l'exubérance relative de la végétation à l'emplacement d'anciennes termitières ou de souches de "Tsingilofilo" (Celastru)

Quelques mesures de rendements/ha d'un engrais vert, l'ambrevade, sont aussi éloquents =

- Sur terre non termitée rendement = 0,58 à 1,87 T/ha (il s'agit de rendements en vert)
- Sur terre termitée (moyenne sur 20 m<sup>2</sup>) 27,0 T/ha, soit 14 fois le premier rendement.

Cette hétérogénéité semble marquer moins fort<sup>l</sup> en seconde année de culture après défriche, où la moyenne générale est plus élevée = On a pu voir à ce propos sur arachide = 1,650 T/ha sur défriche

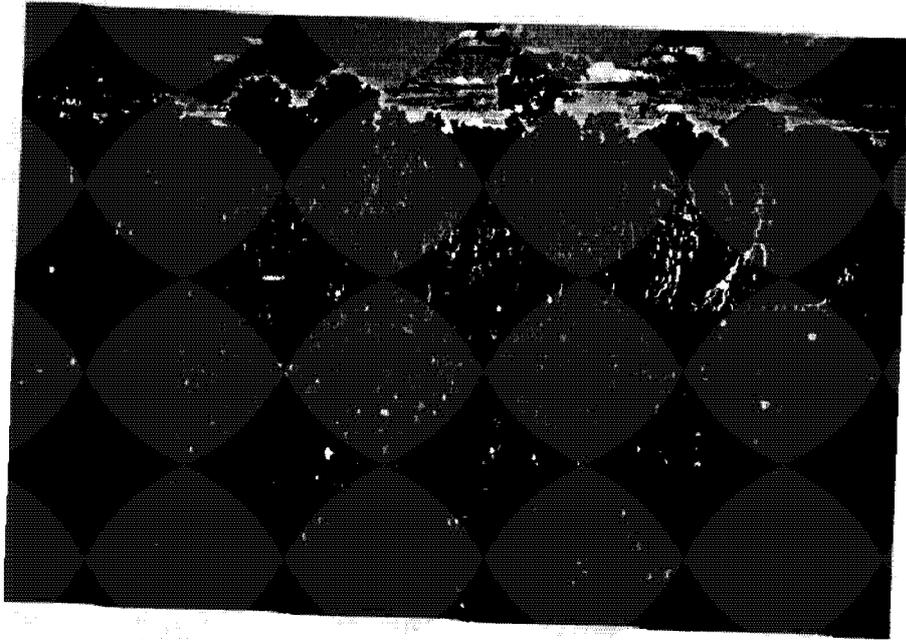
1,930 T/ha après une année de culture non arachidière)

(l'effet de la culture elle-même pouvant être estimé plutôt négatif vu son maigre développement).

Sur essais de Coton également on a pu observer en 2<sup>e</sup> année une végétation nettement plus vigoureuse qu'en 1<sup>e</sup> année (essais I.R.C.T.) mais les rendements sont inférieurs à 400 Kg/ha.

Sur essais I.R.A.M., là où on obtenait 1,930 T/ha. d'arachides, on obtenait également 139 Kg/ha de coton et 194 Kg/ha de Maïs (essais C.2-6 I.R.A.M.). Certes les traitements insecticides n'ont pas donné l'optimum dans l'un et l'autre cas mais même en accordant à cette défaillance une chute de rendement de 50 %, les rendements sont minables.

En 1<sup>e</sup> année sur défriche, un maïs lève mais ne tarde pas à mourir (cf. essai MV II 64) .



Coton  
sur sol de 2000  
(Bibi C264)



Parcelle  
Ambrassade  
à l'essai C2.63  
montant  
'hétérogénéité'  
due aux  
conditions.

### 39) - Conclusions -

Ces exemples nous situent la fertilité des sables roux qui est très faible.

A ce niveau, même un engrais vert robuste a du mal à se développer.

Cependant, avant de considérer les possibilités de régénération, examinons les facteurs de fertilité qui peuvent manifester leur sensibilité par divers signes.

#### B - INDICES DE VOIES DE REGENERATION -

L'aspect d'un champ planté de façon homogène, en 1<sup>re</sup> année sur défriche est certes spectaculaire par les taches de végétation vigoureuse contrastant sur un ensemble très déficient.

L'existence de ces taches mérite néanmoins attention = Quel est le facteur qui joue à cet endroit et qui n'intervient pas à côté ?

1<sup>re</sup>) - Sur anciennes termitières (Voir photo) les éléments qui marquent régulièrement à l'analyse sont essentiellement les éléments organiques : teneur en carbone supérieure de 45 % à 290 % au prélèvement voisin.

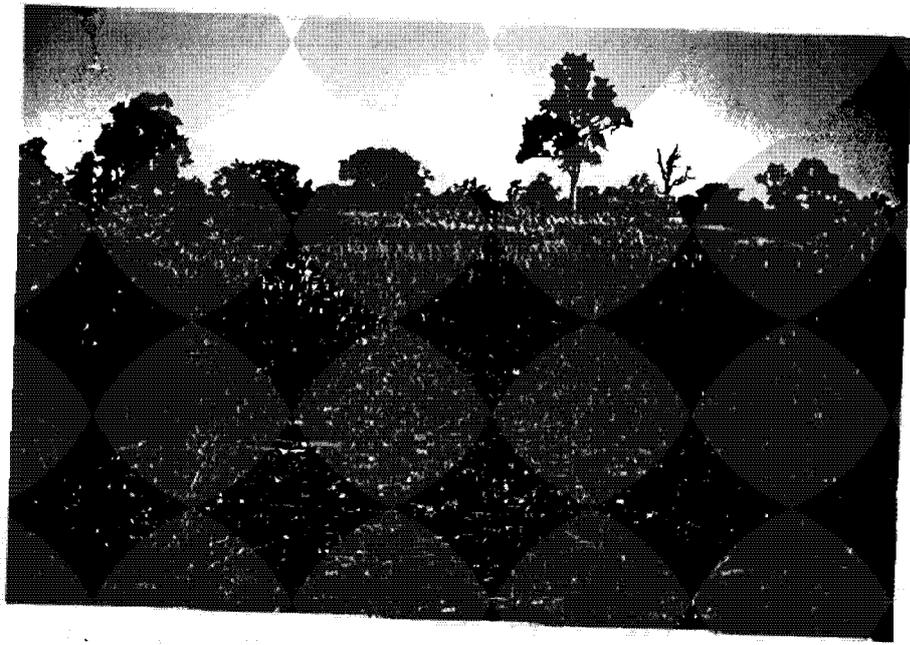
Le niveau d'Azote s'élève à peu près dans les mêmes proportions (C/N reste compris entre 9 et 14 %).

Certes la capacité d'échange est légèrement supérieure aussi, mais la somme des bases échangeables a un niveau comparable.

Il est difficile de se référer aux données analytiques pour la stabilité structurale, la rétention, etc... car les conditions du sol en place sont considérablement perturbées à la préparation des échantillons (broyage, etc...)

Il est évident néanmoins que la structure du sol est nettement améliorée aux emplacements des anciennes termitières : sol aéré, agrégats mieux agglomérés, etc ...

Mais la vie des termitières est rarement détruite complètement la 1<sup>re</sup> année et le sol agricole "évolué" en cours de campagne ... Aussi, une analyse de profil cultural présente-t-elle des aspects particuliers et variables que nous n'avons pas encore suffisamment étudié.



Enbi  
 MV 264 :

Tache  
 d'hétérogénéité  
 sur une parcelle  
 de culture  
 d'ancienne  
 terre.

(Année de sécheresse)

Antelovola :

Enbi, Coton IACP  
 sur sable, zone  
 d'hétérogénéité  
 due ici aux  
 ouvrages de  
 la charme.  
 (à l'arrière de la parcelle)  
 au fond, coton  
 à 2<sup>e</sup> année  
 ou moins  
 utilisé.



Un autre élément qui intervient sans doute est la faune microbienne vraisemblablement plus importante, et qui a pu intervenir sur la forme actuelle de la matière organique .

2°)- Aux emplacements d'anciens arbres (cf. photo) les Galastus et particulier (Tsingilofilo) on observe les mêmes effets qu'aux emplacements d'anciennes termitières.

Là aussi, le facteur qui se manifeste surtout est la teneur en matière organique (même ordre que pour les termitières). La structure du sol est meilleure (Is entre 0,8 et 1,2) .

3°)- Sur essais de Coton (I.R.C.T.) préparés au tracteur, on a pu aussi observer les mêmes effets aux endroits où la charrue avait "bourré" (Voir photo) .

Accumulation de touffes de danga et de terre humifère.

On retrouve là encore l'effet de la matière organique. La structure est meilleure (Is entre 0,95 et 1,2).

Des analyses de profil cultural montraient un développement meilleur des racines en ces endroits = Ailleurs les racines se nourrissaient presque exclusivement dans la terre du billon, ne pénétrant pratiquement pas dans le sol sous-jacent.

4°)- Un essai fumure I.R.C.T. (62-63) confirmait l'effet de la matière organique, le coton étant sensible à une fumure de 20 T/ha de fumier de parc.

Par ailleurs on ne percevait pas d'effet notable d'une fumure minérale apportée seule. *Il est vrai que cette fumure minérale était faible.*

Ces essais n'ont cependant pas été menés à terme, le bilan hydrique sur ces sols étant de toute façon trop mauvais pour le coton.

5°)- L'importance de la zone affouillée par les racines nous était confirmée aussi sur une culture de Voheraba de fin de saison (ameublissement réduit du sol par les pluies) où l'on pouvait apprécier l'effet d'un travail du sol plus ou moins superficiel sur la survie des plants d'abord et leur développement ensuite =

- Labour léger à l'angady = 71 % de réussites

- Simple trou à l'angady = 48 % de réussites (sur 864 poquets)

la différence de développement peut s'apprécier sur la photo ci-contre.



Enon  
C266.  
Bon développement  
de l'Arbutus  
l'emplacement  
d'un ancien  
sakoa.

6a)- Cet effet s'est trouvé confirmé encore sur profil cultural de brevade où la racine pivotante de la plante faisait des coudes spectaculaires en se heurtant à l'horizon non travaillé.

Tout se passerait dans ces derniers cas comme si dans le volume restreint de sol qu'elle pouvait affouiller, la plante n'avait pu trouver les réserves hydriques et minérales qui lui étaient indispensables.

Il serait donc possible qu'un labour profond, par exemple puisse atténuer l'effet de carences minérales.

7a)- En quelques endroits sur culture d'arachide, il nous a semblé que le rendement nul et la mauvaise apparence générale des plants (voir photo) était à attribuer avant tout à un épuisement du phosphore, sur des champs où le niveau de départ était très bas (0,010 % - 0,015 % de  $P^{205}$  assimilable).

Si l'on tient compte du fait que l'arachide "travaille" sur un volume de sol important, il est normal que d'autres cultures à enracinement moins profond accusent le coup d'enblée à une carence en phosphore.

8a)- La révélation des carences par la méthode des vases de végétation dont nous avons déjà parlé, confirme largement ces observations.

Dans la recherche d'une régénération des sables roux, les remarques comme celles du chapitre précédent nous orientent vers les objectifs suivants :

1<sup>a</sup>- Reconstitution de la richesse organique du sol

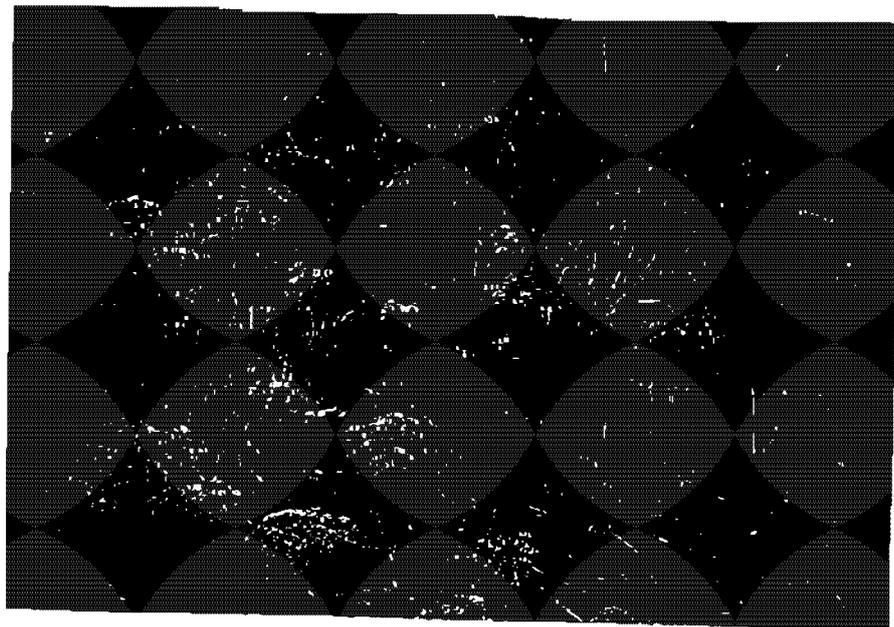
- Voies possibles : - jachère ?  
- foinier ?  
- engrais vert ?

2<sup>a</sup>- Préparation appropriée du sol

3<sup>a</sup>- Apports de Phosphore. *Correction des Carences minérales*

Nous allons envisager ces divers aspects, à la lumière des essais en place ces deux dernières années.

Tachère de  
15 années



## C - ABORD DES SOLUTIONS -

Avant de rechercher des modes de régénération plus rapides ou efficaces - mais plus onéreux en disponibilités et en travail - il convient d'envisager les possibilités de régénération naturelle.

### 1<sup>o</sup>) - Régénération par la jachère -

L'évolution d'une jachère naturelle est fort différente s'il s'agit de sables roux "typiques", ou de sables roux humifères, hydromorphes ou non.

 L'évolution d'une jachère naturelle sur sables roux typiques a été suivie sur deux essais :

- M V I-64 sur lequel on comparait divers modes de régénération, avec ou sans fumure minérale préalable.

- M V II-64 où l'on observait la dégradation du sol sous diverses cultures, comparées à la jachère et à la prairie d'origine.

Disons tout de suite que le résultat a été très maigre, la flore ayant beaucoup de mal à s'implanter avec ou sans fumure préalable. Enfin de saison le sol était loin d'être couvert.

La récolte de fourrage faite sur MV I et qui était pour 50 % le fait des emplacements d'anciennes termitières ou anciennes souches en témoigne le plus clairement = 2,17 et 2,30 T/ha de fourrage vert respectivement sur sol fertilisé (400 Kg/ha de Phosphore bicalcique, 100 Kg/ha de Chlorure de Potassium, 200 Kg/ha de Sulfate d'Ammoniaque apporté en couverture) et sur sol non fertilisé - Rendements moyens appréciés sur 432 m<sup>2</sup>.

En fait, si on élimine des parcelles, les surfaces d'anciennes termitières et anciennes souches, le rendement en vert atteint à peine 1,4 T/ha.

La photo ci-contre d'une parcelle prise début Mars 64 permet de se faire une idée plus précise de la couverture moyenne du sol, vers la fin de la saison des pluies.

On y voit aussi les espèces principales qui se développent en 1<sup>re</sup> année de jachère =

Dans un premier stade (premières semaines) apparaissent surtout :

Un petite caryophyllacée, le *Polycarpea corymbosa* et une petite rubiacée rampante à développement en étoile (non déterminée).

L'Hétéropogon contortus (danga) et les autres plantes que nous verrons ensuite pointent à peine.

Au bout de six semaines la majorité des plantes se sont établies : Par la suite, seuls une petite cyperracée - le Bulbostylis - et le "danga" continueront à apparaître de façon notable \*

Ainsi au bout de 3 mois, la flore présente les caractéristiques suivantes =

1<sup>o</sup>- Hétéropogon contortus (danga) dominant - densité moyenne des plants = 160.000/ha.

2<sup>o</sup>- Espèces venant ensuite (4 à 10.000 pieds/ha) =

- Polycarpea corymbosa (caryophyllacée)
- Bulbostylis (cyperracée)
- La rubiacée citée plus haut

3<sup>o</sup>- Ensuite viennent = (moins de 3000 pieds/ha)

- Pogonarthria squarrosa (graminée)
- Tricholoema monachne (graminée)
- Cenchrus échinantus (graminée)
- Un mollugo (azoacée).

4<sup>o</sup>- Enfin on trouve plus irrégulièrement, diverses plantes telles =

- Walteria americana (sterculiacée)
- Pseudochorus (tiliacée)
- Oldenlandia (Rubiacée)
- Un citrullus (cucurbitacée)

En seconde année de jachère, cet ensemble n'évolue pas considérablement en nombre, mais les touffes d'hétéropogon deviennent plus importantes et couvrent mieux. (sensiblement même densité/ha).

 L'évolution de la jachère sur sables roux humifère a été suivie sur une parcelle de 5 ares après culture de coton et une parcelle de 5 ares après culture d'arachide, mais nous n'avons qu'une année d'observations, aussi nous contenterons nous de donner les caractères essentiels de l'évolution =

1<sup>o</sup>- Développement beaucoup plus rapide de la flore.

2<sup>o</sup>- la strate inférieure est vite débordée par les graminées moyennes et hautes = Hétéropogon contortus en premier mais ici avec une densité de 220 à 270.000 pieds/ha et avec une vigueur plus nette.

Importance de = *Eragrostis cilianensis*  
*Eragrostis* sp.  
*Enéapogon mollis*  
*Rhynchelitrum Vilosum*  
*Digitaria biflorus*  
*Botriochloa* sp.  
*Polygala schoenlankii*  
*Sorghum* sp. etc ...

Dès le 3<sup>e</sup> mois après le début des pluies, l'*Hyparrhénia rufa* se manifeste par zones assez importantes.

Nous avons observé des jachères plus anciennes (3-4 ans) où étaient également installés, *Panicum Maximum* et *Rotbélia exalta*. Mais il faut préciser que ces sables roux avaient un horizon humifère important et situés dans une zone très plate (érosion moins vive).  
étaient

Par ailleurs, les périodes de culture avaient toujours été irrégulières et espacées.

En conclusion de ce paragraphe, nous dirons que si l'espoir d'une régénération naturelle par jachère ne semble pas utopique dans le cas de sables roux humifères à pente sensiblement nulle, cet espoir est refusé dans le cas de sables roux typiques :

La dégradation s'accentuerait lors des années suivantes et ne parviendrait pas à remonter au niveau de la prairie initiale.

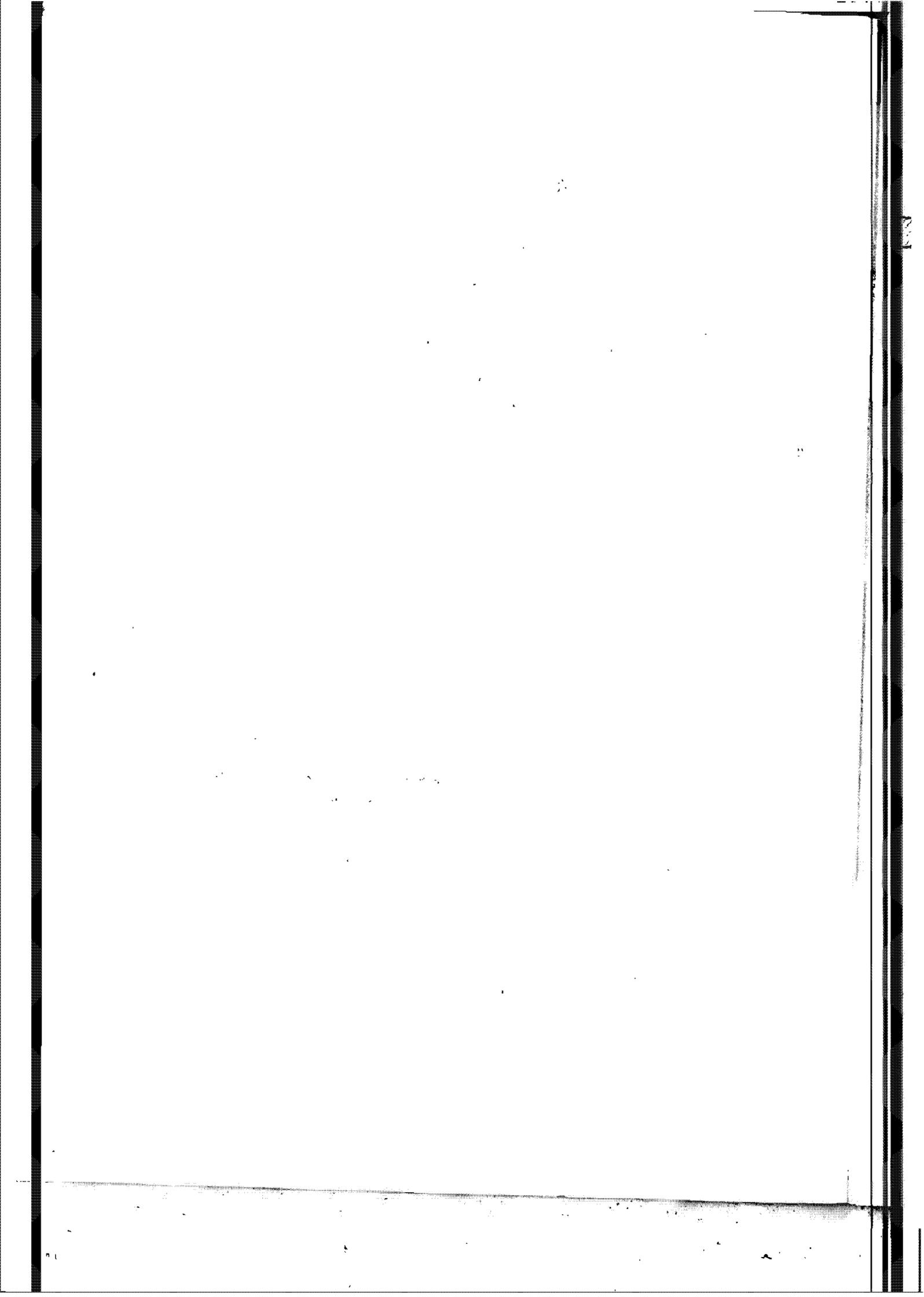
De toute façon, les carences minérales ne sont pas résolues.

## 2<sup>e</sup>) - Régénération par engrais vert -

La régénération naturelle par jachère étant exclue, on cherchera logiquement à obtenir cet effet par une culture mieux adaptée, un engrais vert.

Notre but serait donc de trouver une culture produisant une masse végétale et un appareil racinaire suffisamment important pour relever rapidement le niveau de matière organique par enfouissement des parties aériennes ou même simple désintégration des racines.

Cette culture pourrait du même coup améliorer la structure, et on peut espérer que, indirectement, seraient aussi relevés la rétention en eau et la capacité d'échange.



Il ne resterait alors pour achever de remonter la fertilité, qu'à apporter aux cultures suivantes les éléments minéraux qui font défaut.



Expérimentation 62-63 -

Les engrais verts à tester devaient être choisis en premier lieu sur leurs qualités de rusticité.

Furent retenus = Le sorgho  
Le Vohenba (*Vigna sinensis*)  
L'Ambrevade (*cajanus indicus*)  
L'Antaka (*dolichos lablab*)

Cultures qui furent utilisées sur l'essai 01-63, (essai rotations quo nous avons pu observer à notre première mission sur sables roux.

Certes les écartements choisis (50 x50 cm.) se révélèrent mal adaptés surtout pour l'Ambrevade, mais il était possible de se rendre compte du comportement des plantes (1) =

Très faible développement en général avec exubérance aux emplacements d'anciennes termitières, d'anciennes souches. Nous en avons déjà parlé. Voir aussi photo.

Sur sol "normal", seul le Vohenba avait assez bonne contenance, dépassant 7 T/ha de matière verte.

L'antaka avait mis beaucoup de temps à s'établir.

L'I.R.C.T. qui l'essayait aussi sur les sables roux du Mangoky convenait que cette plante était intéressante à condition de la laisser en place deux ans. Mais l'enchevêtrement des tiges rampantes est alors tel que l'utilisation de cette plante ne peut pas se concevoir lors de la culture mécanisée.

Il est possible que l'ambrevade ait pu aussi avoir un bon développement si on l'eût laissée 2 ans.

Mais dans ce cas nous aurions eu des tiges ligneuses d'autant plus difficiles à désagréger que la période de minéralisation active est

(1) Rendements/ha = Sorgho = 3,676 T/ha ; Ambrevade = 1,318 T/ha ;  
Vohenba = 7,577 T/ha ; Antaka = 2,842 T/ha.



Autre photo du 17V. 66  
montrant le mauvais développement  
en 1<sup>ère</sup> année de défriche du sorgho  
conçu de l'Antioche ; malgré  
fumure  $\text{P}$  et  $\text{K}$  importante.

Taches d'hétérogénéité  
dans aux territoires, sur les deux parcelles

réduite, comme nous l'avons vu.

Aussi l'année suivante fut-il décidé, sur un autre essai (MVL-64) de rechercher une régénération par engrais vert, en apportant une fumure minérale au départ. Nous venions d'avoir les résultats de la méthode des vases de végétation (Méthode Chaminade) mise en oeuvre par M.M. Welly et Kilian.

#### Expérimentation 63-64

L'essai MVL 64 mettait donc en comparaison avec fumure minérale importante (1) - le sorgho (écartement 25 x 25), le Vohemba (écartement 30 x 20), l'Ambrevade (écartement 20 x 20) et la jachère naturelle. On conservait en témoin une jachère non fumée.

Malgré cette fumure minérale substantielle, la végétation a réagi sensiblement de la même façon que l'année précédente sur l'essai C1 63 = très grosses hétérogénéités dues aux emplacements d'anciennes termitières et des *Celastrus* enlevés au défrichage.

C'est là que nous avons pu voir sur ambrevade la différence de rendements spectaculaire entre sol normal et sol termité (1,012 T/ha et 27,142 T/ha).

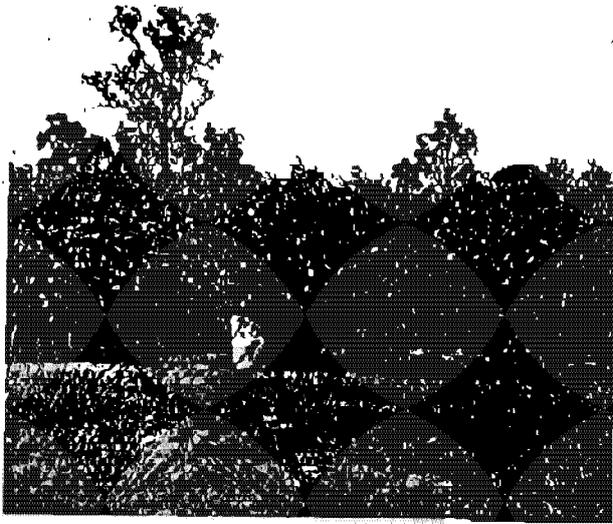
Les rendements moyens ont été, en vert =

- Sorgho = 5,393 T/ha
- Vohemba = 9,954 T/ha
- Ambrevade = 2,277 T/ha
- Jachère fumée = 2,174 T/ha
- Jachère non fumée = 2,262 T/ha.

Il apparaissait donc qu'en année de défriche une fumure minérale seule n'améliorait pas notablement les rendements des engrais verts (2)

Nous avons fait plusieurs séries de prélèvements pour essayer de suivre l'évolution des caractéristiques physico-chimiques. Cependant seules trois séries de 24 échantillons sont en fait comparables et seulement globalement, le nombre des échantillons n'étant pas assez important.

- (1) Fumure : 400 Kg/ha de Phosphate bicalcique et 100 Kg/ha Chlorure de Potassium pour les trois engrais verts et la jachère fumée. De plus, en couverture 100 Kg/ha Sulfate d'Ammoniaque pour Ambrevade et Vohemba, 200 Kg/ha Sulfate d'Ammoniaque pour le Sorgho et la jachère fumée.
- (2) - Les rendements obtenus sur l'essai C2 64 repris sur terrain voisin du C2 63 - appuient ces conclusions = Sans fumure minérale, on obtenait en effet = Sorgho = 11,435 T/ha - Vohemba = 9,574 T/ha - Ambrevade = 3,342 T/ha - Antaka = 4,462 T/ha - Jachère = 2,144 T/ha.



Ambassade fertilisée  
(fumure organique et minérale)  
en 2<sup>e</sup> année après ~~plantation~~  
défrichage.

Essai TV. 65

Ambassade fertilisée  
(fumure organique  
et minérale) en  
1<sup>re</sup> année de défriche.

Essai TV. 4. 65



On les donne du reste seulement à titre indicatif =

Caractéristique	le 24 Janvier	le 22 Mars	le 6 Juin
Stabilité = Is	1,11	1,05	1,19
Perméabilité = K	3,49	2,93	1,48
Etat Structural = $\Sigma$	1,57	1,48	1,42

La dégradation est surtout sensible par le coefficient de perméabilité K donné par la méthode Hénin.

En définitive l'essai de régénération par engrais vert en première année de défriche aboutissait à un échec, malgré la fumure minérale.

Des ombres figuraient aussi au tableau = attaque à 100 % du Sorgho par un borer. Forte attaque d'Héliothis sur le second cycle de Vohemba.



#### Expérimentation 64-65

Les possibilités ne semblaient pourtant pas toutes épuisées =

1°- Un léger apport de fumier n'aiderait-il pas le développement des engrais verts ?

2°- Des apports d'azote fractionnés, pour le sorgho, en particulier ne seraient-ils pas efficaces ?

3°- Les apports minéraux étaient-ils suffisants ?

4°- La préparation du sol ne peut-elle être améliorée et ne peut-elle réduire des obstacles structuraux aux conséquences majeures ?

Nous avons constaté en effet ces obstacles structuraux sur Vohemba de 2° cycle, sur Ambrevade et sur Coton.

5°- Une seconde année de culture d'engrais vert pourrait-elle modifier les données du problème ?

6°- Enfin des introductions pouvaient être encore tentées.

L'expérimentation 64-65 cherchait à répondre à ces questions =

Question 1 - L'essai MV. IV combine les engrais minéraux et un apport de fumier moyen (20 T/ha) pour le Vohemba et l'Ambrevade à laquelle on accorde une dernière chance.

Questions 2 et 3 - Le fractionnement de l'azote a été prévu sur sorgho sur des essais de fumure dose croissante mis au point par M. Velly et sur les essais mettant en jeu le sorgho. (MV.1 - MV.5)

Essai M.V.5

Parcelle labourée à l'Angady



Parcelle labourée au  
Pic fouilleux →



Parcelle labourée  
à la distric



Question 4 - L'essai MV 5 tentait d'y répondre en comparant trois modes de labour =

- Angady (labour traditionnel)
- Charrue attelée
- Pic-fouilleur (pseudo-labour)

(Plante mise en œuvre = sorgho)

Question 5 - L'essai MV I était reconduit sur place en diminuant cependant considérablement la fumure.

Question 6 - Nous avons recueilli une douzaine d'espèces résistantes à la sécheresse pour étude de comportement.

---

Ces essais sont actuellement en cours.

Mais diverses conclusions apparaissent nettement déjà =

1<sup>o</sup>- Insuffisance en 1<sup>o</sup> année d'un apport organique complémentaire pour l'Ambrevade qui se révèle non adaptée.

2<sup>o</sup>- L'efficacité des apports fractionnés d'azote est constatée par tout où elle a été pratiquée. La faim d'azote marquait fortement sur un essai (MV 5) où le second apport a été fait en retard.

3<sup>o</sup>- L'essai doses croissantes de phosphore effectué certes sur un sol défriché à l'avant dernière campagne est fortement significatif.

*Il permet d'atteindre des rendements en fourrage vert de 457/ha. Homogénéité des parcelles*

4<sup>o</sup>- La préparation du sol marque aussi très fort sur l'essai MV dont nous donnons des photos des trois traitements (état de la végétation début Mars) et l'analyse sommaire des profils culturaux :

- Les parcelles labourées à l'angady offrent un développement assez maigre.

Les racines buttent très vite (5-7 cm) sur le glacis constitué par le sol non ameubli. Elles le pénètrent mal.

- Les parcelles labourées au pic fouilleur montrent des plants robustes dépassant 1,50 m - végétation vert foncée.

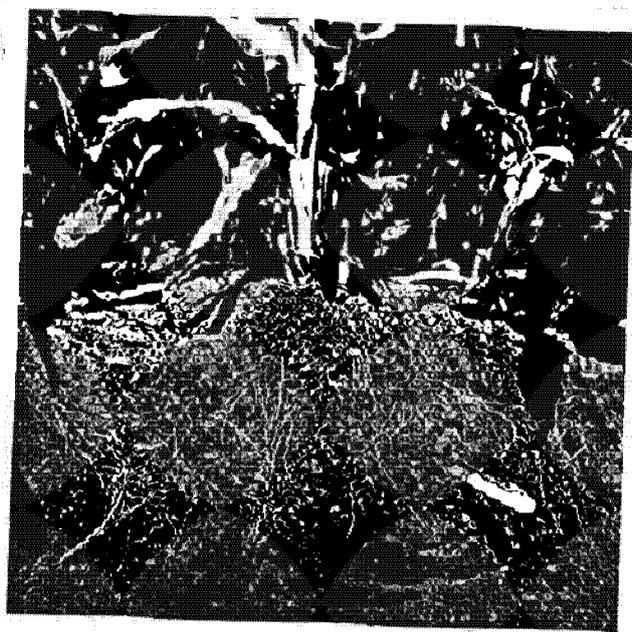
Le profil cultural révèle un sol ameubli selon des festons dont les bases sont constituées par les passages du pic. Les racines exploitent intensivement la partie du sol ayant subi le "foisonnement".

- Les parcelles labourées à la charrue ont une végétation très haute (plus de 2 m) plus grêle que les parcelles labourées au pic fouilleur, la végétation est d'un vert-jaunâtre qui révèle un épuisement rapide des disponibilités en azote. Il est certain que mieux alimentée en cet élément la végétation eut été bien meilleure. (c'est le cas des

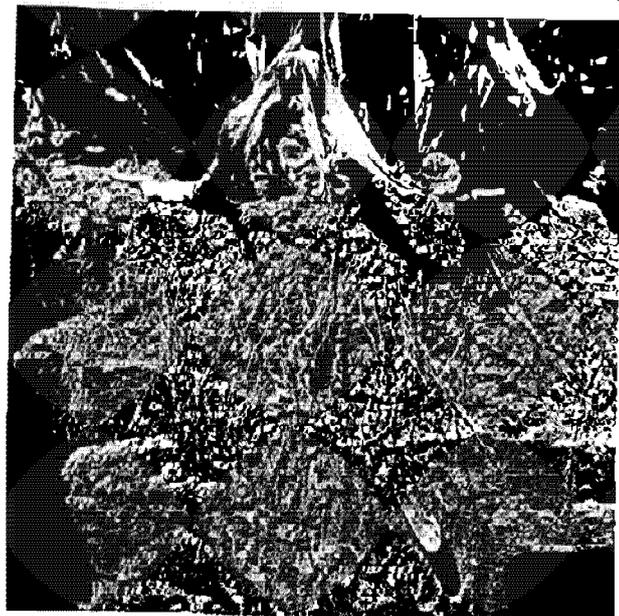
*essais Courbes de réponse à K et N)*



Enracinement des baobabs  
sur labour à l'angady



Enracinement des baobabs  
sur labour au pic finlier



Enracinement sur  
labours au soc normal  
← labour à la charrue

Le sol est parfaitement effouillé sur 20 cm de profondeur, dans lesquels on trouve près de 60 % des racines (1).

- Nous observons un effet du même ordre sur Vohenba (parcelles d'érosion).

5<sup>e</sup>- En seconde année de culture, la végétation est bonne.

6<sup>e</sup>- Un introduction offre de grands espoirs = le Crotalaria juncea, dépassant 2 m en cinq semaines, cela sans fumure.

Les dimensions de la parcelle de comportement demandent cependant la plus grande réserve, bien que l'analyse du profil cultural semble confirmer les qualités particulières de cette plante (cf. photo)

### 3<sup>e</sup>)- Régénération par le fumier

Le fumier a été associé aux engrais minéraux dans notre recherche précédente.

Il intervenait en particulier dans les essais MV 4 et MV 5 .

L'effet est certain - L'essai MV 4 prévoit la comparaison des engrais verts (avec fumure minérale et 20 T/ha de fumier) et du fumier seul (40 T/ha) testés sur la culture venant à la suite.

### 4<sup>e</sup>)- Conclusions actuelles sur les possibilités de régénération

Il apparaît que nos espoirs sont cette année plus substantiels. Divers engrais vert, semblent réussir dès première année de jachère, moyennant une fumure minérale appropriée, efficacement aidée par du fumier (et souvent labour approprié) :

- Le sorgho semble satisfaisant. Excellent effet semble-t-il sur la structure du sol.

- Le Vohenba serait moins exigeant, moins productif en une végétation mais on a la possibilité de faire deux cycles. Par contre, l'effet du système racinaire sur la structure du sol paraît beaucoup moindre.

- Le Crotalaria juncea semble avoir une rusticité exemplaire et une bonne influence sur la structure. On pourrait vraisemblablement avoir trois cycles dans une saison des pluies.

Le problème n'est pas résolu pour autant =

- Le sorgho demande des apports fractionnés d'azote ou un apport de fumier important.

- Le Vohenba améliorera-t-il de façon substantielle la structure du sol ?

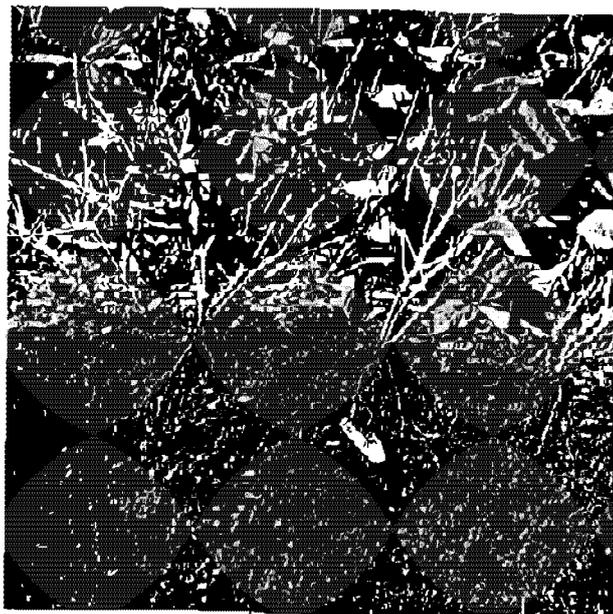
(1) de 0 à 20 cm = 58,8 %  
20 à 40 cm = 29,0 %  
40 à 60 cm = 12,0 %

} pourcentage de racines



Enracinement  
de *Crotalaria Juncea*  
à 5 semaines  
(sans fertilisation)

*Crotalaria Juncea*



Enracinement de  
*Vigna sinensis* sur  
simple ton à  
C'angady (traditionnel)  
densité de plantation  
forte (non habituelle)

*Vigna sinensis*

- Le Crotalaria se confirmera-t-il ?

Ces questions seront à considérer dans les campagnes qui viennent.

5<sup>e</sup>) - Problèmes d'application -

La plupart des problèmes d'exploitation ne sont pas au point.

Par ailleurs, s'agissant d'engrais verts des questions se posent dans l'hypothèse d'une vulgarisation. En effet, les objections paysannes sont à considérer =

a) - L'engrais vert ne se présente-t-il comme une culture sans rapport direct ?

Donc une année de travail sans résultat palpable au terme, année d'investissements .... difficile à faire admettre.

Il sera d'autant plus difficile de l'admettre si l'on fertilise cet engrais vert, de même que si on doit lui porter des soins particuliers (cf. apports fractionnés d'azote, etc...)

b) - Cette culture aurait-elle des possibilités en dehors de la régénération stricte ?

Sorgho :

- Peut-on s'orienter vers des sorghos grains et jouer sur les deux tableaux = alimentation et régénération du sol ?

- L'utilisation alimentaire sera-t-elle admise ?

Il faut ici souligner l'intérêt d'une culture vivrière prenant sur sables roux la relève des cultures de cuvette.

Peut-on utiliser les parties aériennes comme fourrage ?

- Action du sorgho sur le sol sur les cultures suivantes dans les divers modes d'exploitation :

- L'action du système racinaire suffit-il ?

- Si non, quand et dans quelles conditions enfouir ?

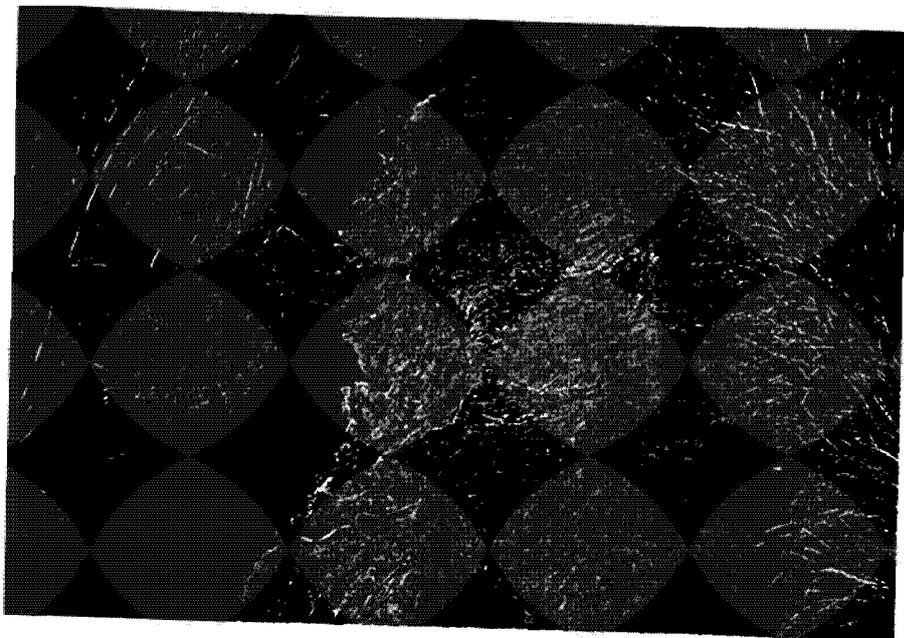
- Quelles variétés utiliser ?

- Quelles densités, quelles techniques culturales utiliser ?

Vohemba :

- La consommation des graines a-t-elle des chances de se développer ? (Possibilités d'amélioration variétale ?)

- Doit-on récolter les deux cycles ?



Erosion sur un  
chemin, déclenché  
par la mise  
en culture  
d'une grande  
surface en  
arachide (40ha)

Sensibilité des  
rochers à l'érosion  
Cette photo  
montre l'agressivité  
des pluies et  
la mauvaise  
stabilité des rochers.



- Si non le paysan acceptera-t-il l'enfouissement ?
- Effets du Vohemba sur le sol, sur les cultures suivantes dans les divers modes d'exploitation?

Crotalaria :

- Effets du crotalaria sur le sol ? les cultures suivantes ?
- Quelles règles d'exploitation adopter ?
- N'y a-t-il pas des dangers de lignification et de mauvaise minéralisation ?
- Quels éléments peut<sup>ent</sup> le faire admettre par les paysans ? l'utilisation fourragère est-elle à exclure ? (appétance défavorable à vérifier).

6°)- Quelques autres problèmes importants d'agronomie -

Nous avons soulevé le problème des techniques culturales, des la bours en particulier.

Il nous apparait que cela a des répercussions importantes sur l'érosion.

Ceci est évidemment trop grave pour être laissé au hasard, et demande en particulier une expérimentation sur parcelles d'érosion, *expérimentation abondée en 1964-65. (vingt batteries. unves d'érosion)*

C'est dans cette optique que nous avons introduit cette année le pic-fouilleur qui semble moins détériorer les terres.

Mais les plantes semblent avoir dans certains cas des difficultés à s'établir (échecs à la levée). Cela reste à éclaircir. Evidemment si la couverture du sol est mauvaise, l'érosion sera plus sensible.

Autre difficulté posée par le pic-fouilleur = l'enfouissement de engrais minéraux et engrais verts.

Pourra-t-on résoudre ces problèmes et sera-t-on amenés à préconiser cet instrument ou un instrument analogue ?

Le travail d'un soc normal serait-il en effet trop redoutable et négatif en définitive, sur quelques années ?

Par ailleurs dans quelles mesures des dispositifs culturaux à mettre au point (billons farnés, etc..) peuvent-ils réduire l'érosion ?

Autres problèmes liés aux possibilités de régénération :

a)- Quelles cultures pourra-t-on préconiser sur le plan vivrier en particulier ?

Le maïs aura-t-il ses chances sur un sable roux régénéré ?  
Problème sorgho également, déjà évoqué - Manioc

b)- En fonction de oela quelles rotations envisager ? Le problème semble complexe et long à étudier. Mais ne pourra-t-on réduire les dépenses d'une expérimentation normale de rotation :

1<sup>o</sup>- En évaluant l'effet de dégradation ou de régénération propre de chaque culture ?

2<sup>o</sup>- En évaluant l'effet sur la dégradation de l'ordre de succession des cultures prises deux à deux ?

Il semble que ces deux tests pourraient pratiquement résoudre le problème des rotations dans une mesure satisfaisante moyennant évidemment un dispositif expérimental approprié, mettant en jeu en particulier des parcelles d'érosion.

---

### C O N C L U S I O N

Quelques problèmes de la mise en valeur paraissent en voie de résolution, tandis qu'un grand nombre de questions essentielles sont encore en suspens.

Une expérimentation étoffée sera nécessaire avant d'engager les paysans dans des techniques et des cultures qui pourraient aboutir autrement à une désertification sans remède des sables roux.