

UNIVERSITE de OUAGADOUGOU
INSTITUT SUPERIEUR POLYTECHNIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR
DU DEVELOPPEMENT RURAL

BUREAU NATIONAL DES SOIS

THEME :

**CARTE PEDOLOGIQUE ET POTENTIALITES
AGRONOMIQUES DU P.A.P.E.M DE BOGANDE**

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
<u>Préambule</u>	
<u>Introduction</u>	1
<u>1ère PARTIE</u> : <u>Le Milieu physique</u>	3
I : <u>Situation du PAPEM</u>	3
II : <u>Le climat</u>	3
2.1. Généralités sur le climat de Haute-Volta	3
2.2. Caractéristiques climatiques de Bogandé	6
2.2.1. Les précipitations	6
2.2.2. Les températures	9
2.2.3. Autres éléments du climat	12
2.3. Influence du climat sur le milieu	15
2.3.1. Influence du milieu sur la pédogénèse	15
2.3.2. Les processus de morphogénèse	15
Conclusion partielle	19
III : <u>Géologie et Géomorphologie</u>	20
3.1. La géologie	20
3.2. La Géomorphologie	23
IV : <u>La végétation</u>	23
V : <u>La faune et l'homme</u>	24
5.1. La faune	24
5.2. L'homme	25
VI : <u>Les sols</u>	26
<u>Conclusion</u>	26
<u>2ème PARTIE</u> : <u>Etude des sols</u>	27
I : <u>Méthodologie de la cartographie des sols</u>	27
1.1. : la prospection pédologique	27
1.2. : Les résultats analytiques	28
1.3. : L'édition de la carte	28

II	: <u>Monographie des sols</u>	31
	1. Généralités	31
	2. Les sols du périmètre étudié	32
	2.1. Les sols brunifiés	32
	2.2. Les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse ..	36
	2.3. Les sols hydromorphes	70
	3. Conclusion	76
III	: <u>Les aptitudes culturales</u>	77
	3.1. Définition des contraintes pédologiques retenus par le B. N. S.	77
	3.2. Les classes d'aptitudes culturales	80
	3.3. Conclusion	87
	<u>Conclusion Générale</u>	90
	<u>Bibliographie</u>	92

Annexes

Annexe 1 : Méthodes d'analyses des sols

Annexe 2 : Méthodes de calcul

Annexe 3 : Description de quelques profils pédologiques du PAPEM.

P R E A M B U L E
=====

Le Bureau National des Sols a constitué le cadre de mon stage. Je voudrais, aux termes de ce stage, exprimer ma profonde gratitude à la direction dudit Bureau pour avoir accepté et facilité la tenue de ce stage.

Aussi, avant de présenter le contenu de cette étude, je tiens à remercier sincèrement les camarades :

- | | |
|----------------------|---|
| - OUATTARA Sami | Directeur Général du Bureau National des Sols |
| - SOURABIE Noumbié | Ingénieur Pédologue au Bureau National des Sols |
| - PALLO François | Ingénieur Pédologue ; mon maître de stage |
| - Soma BARRO Etienne | Ingénieur Agronome |
| - PARE Tidiani | Ingénieur Agronome (Laboratoire) |
| - KISSOU Roger | Assistant Pédologue |

Mes remerciements vont également aux camarades :

- | | |
|------------------|------------------------------------|
| - PARE Boguini | Professeur de Pédologie à l'I.S.P. |
| - MULLER Etienne | Professeur à l'I.S.P. |

A tous ceux (Laborantins, Dessinateurs, Dactylographes, Chauffeurs, Manoeuvres) qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de ce stage, j'exprime mon entière reconnaissance.

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

La présente étude s'inscrit dans le cadre du stage de dix (10) mois que doivent pratiquer les étudiants de 5e année de l'Institut Supérieur Polytechnique (I S P) - Université de Ouagadougou. L'issue du stage est la rédaction d'un mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur du Développement Rural (I D R) délivré par l'I S P.

C'est ainsi que nous avons effectué notre stage au Bureau National des Sols (B.N.S.) Ouagadougou, qui a bien voulu encadrer ce travail.

Le thème du mémoire est ainsi intitulé :

CARTE PEDOLOGIQUE ET POTENTIALITES AGRONOMIQUES DU POINT D'APPUI DE

PREVULGARISATION ET D'ESSAIS MULTILOCAUX (PAPEM) DE BOGANDE

Pourquoi ce thème ?

Selon Souchier et Bonneau (1979) " un grand nombre de problèmes se posent quand on envisage l'utilisation rationnelle des terres. Il est bien évident que pour les résoudre une connaissance aussi parfaite que possible des sols est indispensable.

Chaque type de sol doit faire l'objet d'une caractérisation précise et détaillée tant en ce qui concerne ses caractères morphologiques que ces propriétés physiques et chimiques et son comportement.

Toute caractérisation du milieu doit d'autre part répondre à des critères de répartition géographique. Une carte est la manière la plus simple d'exprimer cette réalité en permettant de préciser la distribution relative des unités - sols."

Mieux que tout autre commentaire, cette citation de Bonneau et Souchier met en exergue l'importance et le bien fondé de la connaissance des sols en matière d'agriculture. Or à l'heure actuelle, les terres de Haute-Volta sont pour la plupart insuffisamment connus tant en ce qui concerne leurs valeurs agronomiques réelles que leur répartition dans l'espace.

Cependant, la Haute-Volta est connue comme un pays à vocation agricole et donc pour lequel une meilleure connaissance des sols constitue un outil précieux pour l'orientation des programmes d'aménagement.

C'est dans le but d'apporter notre modeste contribution à la connaissance de ces sols que ce thème a été retenu

Les travaux de terrain se sont déroulés à Bogandé dans le cadre du contrat N°2/84 passé entre le Bureau National des Sols et l'Organisation Régionale de Développement (O.R.D.) de l'est (Fada-N-Gourma) auquel est revenu le choix du terrain.

L'étude a pour but de faire l'inventaire des différents types de sol du P.A.P.E.M. et d'en définir les caractéristiques agronomiques en vue d'orienter le choix des sites destinés aux cultures.

C'est à l'issue de ces travaux que ce mémoire a été rédigé. Il comporte deux parties. La première traite du milieu naturel comme facteur de formation et d'évolution des sols. La deuxième est consacrée à l'étude des sols.

1ère PARTIE

LE MILIEU PHYSIQUE

Le sol est le produit de l'action conjuguée des facteurs suivants : le climat, la géologie, la géomorphologie et la biologie.

C'est dans le but d'une connaissance préalable de ces facteurs dans la zone étudiée que nous ouvrons cette partie.

Ainsi nous aborderons successivement, après avoir situé le PAPEM, le climat, la géologie, le relief, la végétation, l'action de l'homme et de la faune. Nous terminerons par un aperçu sur la nature des sols.

I SITUATION DU PAPEM

Le Point d'Appui de Prévulgarisation et d'Essais Multilocaux (PAPEM) de Bogandé est un bloc rectangulaire de 300 m de large sur 500 m de long, soit au total, une superficie de 15 hectares (ha). Il est situé à environ 12 kilomètres (km) de Bogandé sur l'axe Piéla-Bogandé (fig N°2).

Bogandé lui-même appartient à l'O R D de l'Est (Fada-N'Gourma) et se situe à environ 140 km au Nord de cette localité (fig. N°1).

Bogandé est à une altitude de 250 m (ICRISAT-1980-) (*) et les coordonnées géographiques (ASECNA 1980) (**) sont les suivantes :

12° 59' de latitude - Nord

00° 08' de longitude - Ouest

II LE CLIMAT

2.1. Généralités sur le climat de Haute-Volta

La Haute-Volta est soumise à un climat tropical à deux saisons contrastées. Une saison des pluies de 3 à 6 mois et une saison sèche de 6 à 9 mois.

* ICRISAT International Grops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

** ASECNA Agence de Sécurité de la Navigation Aérienne.

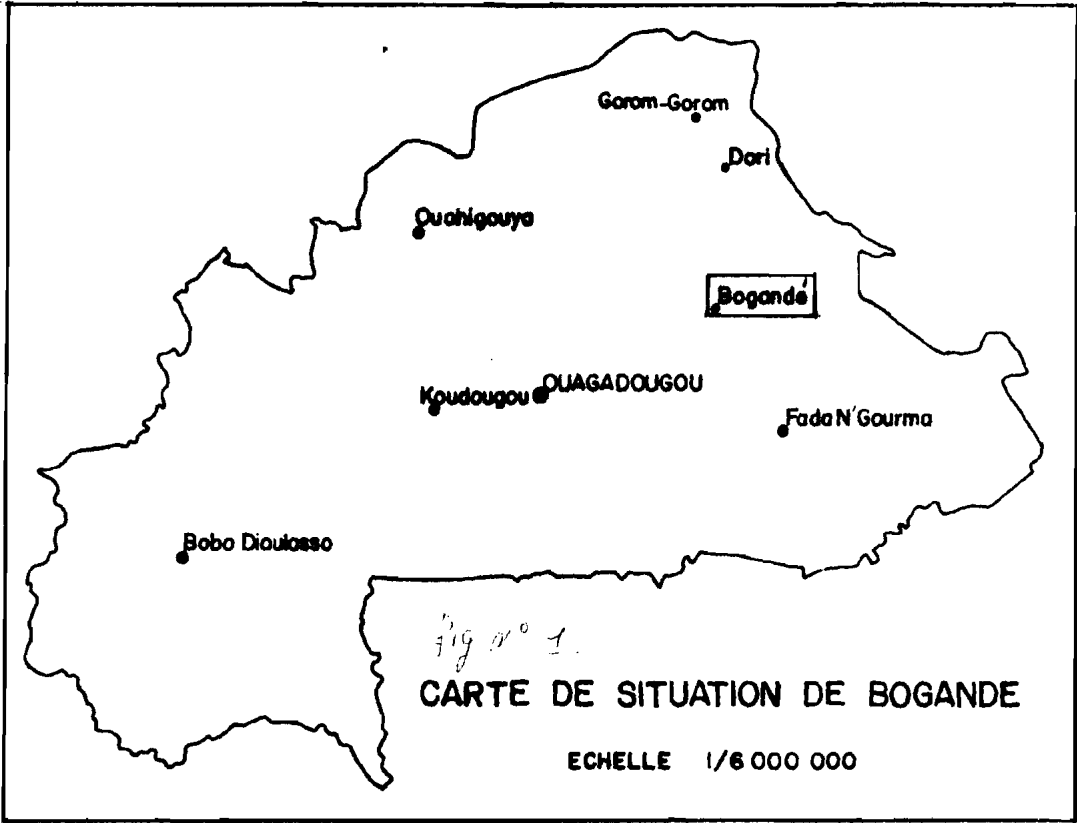
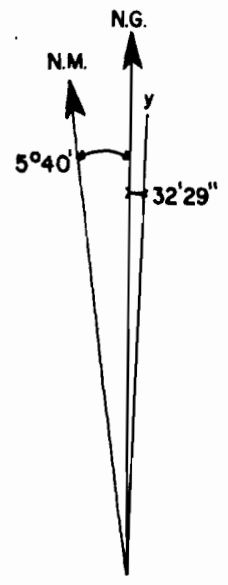
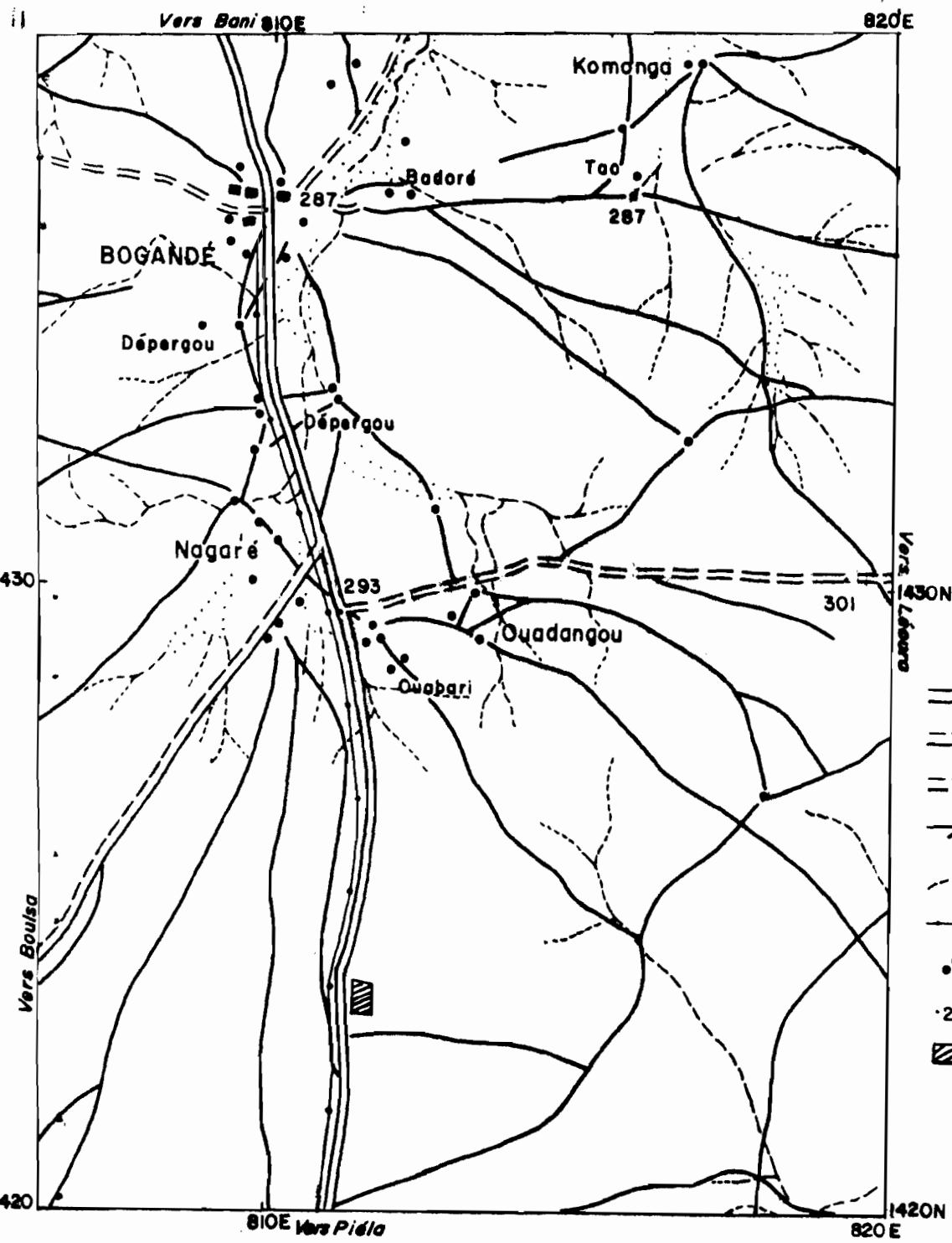


Fig. N° 2.

CARTE DE LOCALISATION DU P.A.P.E.M. DE BOGANDE



LEGENDE

- Routes importantes
- Routes principales
- Routes secondaires
- Pistes
- Cours d'eau
- Ligne téléphonique
- Villages
- Points coté
- Périmètre étudié

Echelle 1/100.000

La saison des pluies est soumise au déplacement du Front Intertropical (FIT) qui est la limite entre les masses d'air équatoriales et tropicales. En Janvier, ce front remonte progressivement vers le Nord depuis les latitudes 5° et 7° jusqu'aux latitudes 20° à 25° en Août. Cette saison va généralement de Juin à Septembre (Atlas Jeune Afrique de Haute-Volta 1975).

La saison sèche est caractérisée par l'absence quasi totale de précipitations, un très fort ensoleillement et une humidité atmosphérique très faible. Les marigots et même les rivières importantes tarissent rapidement. La végétation herbacées se dessèche aussi vite et la plupart des essences ligneuses sont défeuillées.

Ce climat, défini par Aubreville (1949)

-in Teissier (1974) - comme sahelo-soudanais, est caractérisé par des températures moyennes de 26° à 31° avec un minimum en Janvier et Août et un maximum en Avril et Mai.

Une classification de Mollard (1949) (in Kaloga 1966) distingue trois grandes zones :

- La zone sahélienne située au Nord du 14° parallèle. (Pluviométrie inférieure à 650 mm).

- La zone soudano-sahélienne entre les 14° et 11°30' parallèles de latitude Nord (pluviométrie comprise entre 650 mm et 1000 mm).

- la zone soudanienne au Sud du 11°30' parallèle de latitude Nord (pluviométrie supérieure à 1000 m).

2.2. Caractéristiques climatiques de Bogandé

Les données climatiques utilisées proviennent de la station météorologique de Bogandé - station ASECNA-.

2.2.1. Les précipitations

2.2.1.1. Le régime des pluies

La carte des isohyètes moyennes annuelles (fig. N°3) permet de situer le terroir de Bogandé entre les isohyètes 750 mm et 700 mm. Ceci correspond au climat sahelo-soudanais.

Mais comme l'indique le tableau I, exceptées les années 1977 et 1978, la pluviométrie (P) annuelle pour ces dix (10) dernières années a été largement inférieure à 650 mm. Elle est même descendue en dessous de 500 mm

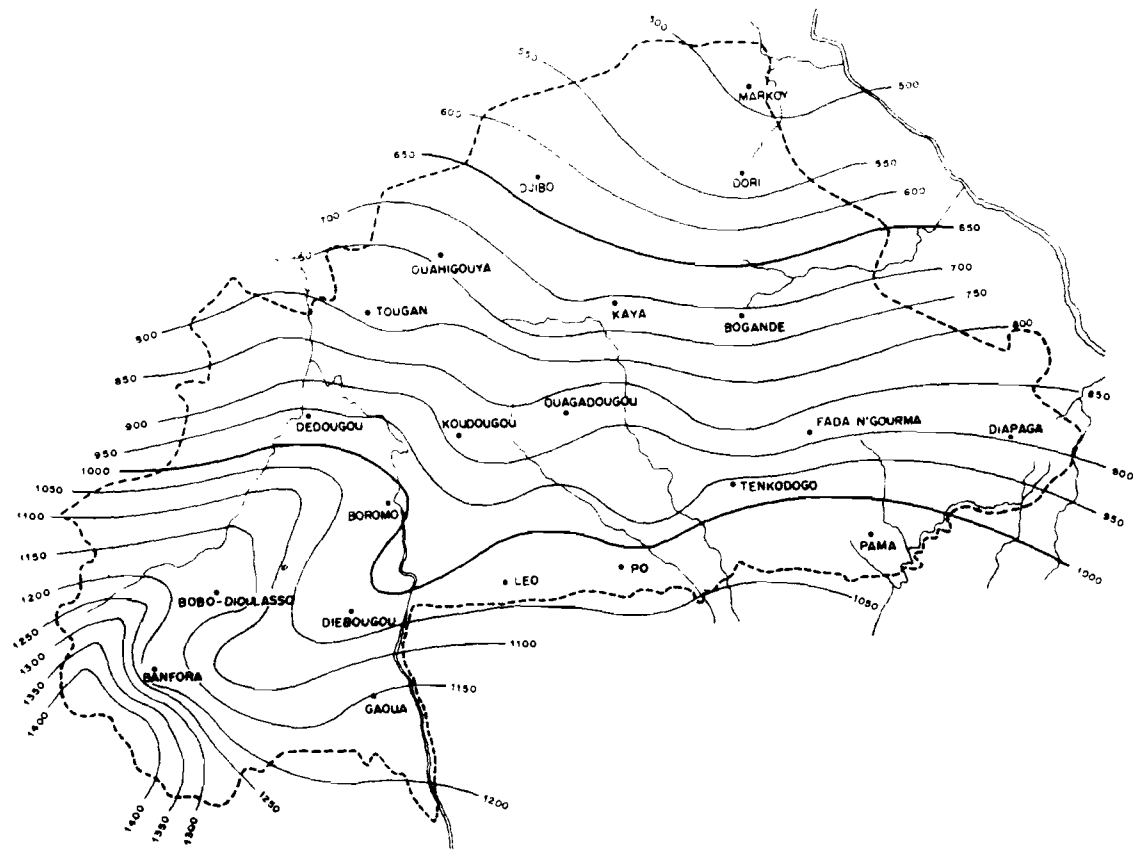


Fig. 3 - Isohyètes annuelles moyennes en Haute-Volta (ASECNA, 1966)

en 1982 et 1983. Ce qui, du point de vue de la pluviométrie, situe Bogandé dans la zone sahélienne. En outre, pour ces mêmes années, il n'est pas tombé de pluies en Novembre, Décembre et Janvier.

Quant à l'indice des saisons pluviométriques d'Aubreville, il est égal à 2 - 3 - 7, pour les 10 dernières années. Cet indice présente dans l'ordre

- le nombre de mois pluvieux ($P > 100$ mm)
- le nombre de mois intermédiaires ($30 \text{ mm} < P < 100$ mm)
- le nombre de mois écologiquement secs ($P < 30$ mm)

Enfin, les tableaux I et II puis la figure N°4 montrent une augmentation régulière du volume des précipitations qui atteint son maximum au mois d'Août avant de décroître et s'arrêter brutalement au mois d'Octobre voire Septembre. La moyenne pluviométrique annuelle calculée à partir des données du tableau I est de 576,37 mm.

Tableau I : Totaux pluviométriques mensuels et annuels de 1974 à 1983
- Station ASECNA de Bogandé -

Mois Années										Totaux Annuels
	M	A	M	J	J	A	S	O		
1974	0	0	63,7	46,4	188,1	200,9	78,9	14,3	592,3	
1975	0	0	0	99,9	280,9	138,2	77,9	2,0	598,9	
1976	0	3,4	91,5	56,2	98,9	178,9	82,1	24,1	635,1	
1977	0	0	27,4	36,1	211,1	286,5	102,5	18,1	681,7	
1978	27,7	61	11,5	126,2	78,2	233,2	163	0	700,6	
1979	0	0	34,5	141,7	167,6	159,3	112,6	32	647,7	
1980	0	0	51,3	91,8	70,2	163,2	41,1	1,9	419,5	
1981	0	0	82,9	85,6	132,3	182,3	106,3	3,6	593,0	
1982	0	0	38,5	82,0	71,5	193,2	78,8	7,6	471,5	
1983	0	0	0	54,5	101,2	131	133,8	2,9	423,4	
Moyennes Mensuelles	2,77	6,44	40,13	82,02	139,93	186,67	97,7	20,65	576,37	

2.2.2.2. Variabilité des pluies

2.2.2.2.1. Variabilité des pluies

La figure N°5 fait ressortir une forte variabilité pluviométrique d'une année à l'autre. Au cours d'une même année, la pluviométrie mensuelle subit d'importantes fluctuations. (fig.4)

D'autre part, les premières pluies peuvent être suivies d'une période de sécheresse. Ainsi le tableau II fait apparaître des périodes de sécheresse (P = 0) durant la 2^e décade de Juin en 1981 et 1982 et durant la 1^{ère} décade de Juin en 1983.

2.2.2.2.2. Conséquences agronomiques de la variabilité des pluies

Les périodes sèches, parfois tardives (première décade de Juillet en 1983), ne sont pas sans conséquences sur les semis (semis tardifs, mauvaises levées occasionnant parfois plusieurs resemis). Ces conséquences sont accentuées par la diminution rapide et parfois par l'arrêt brutal des pluies à partir de Septembre. Ceci ne permet pas au végétal de terminer son cycle (risque d'avortement ou d'échaudage).

Mais trois séries de mesures peuvent pallier en partie ou totalement à ces inconvénients :

- la première consiste à déterminer une date limite de semis correspondant à une période où les pluies sont de plus en plus régulières.

- La deuxième consiste à tirer le maximum d'avantages des précipitations en augmentant l'infiltration. Cette méthode permet d'améliorer le bilan hydrique des sols (augmentation des réserves d'eau).

- Enfin la troisième solution est l'utilisation de variétés à cycle court.

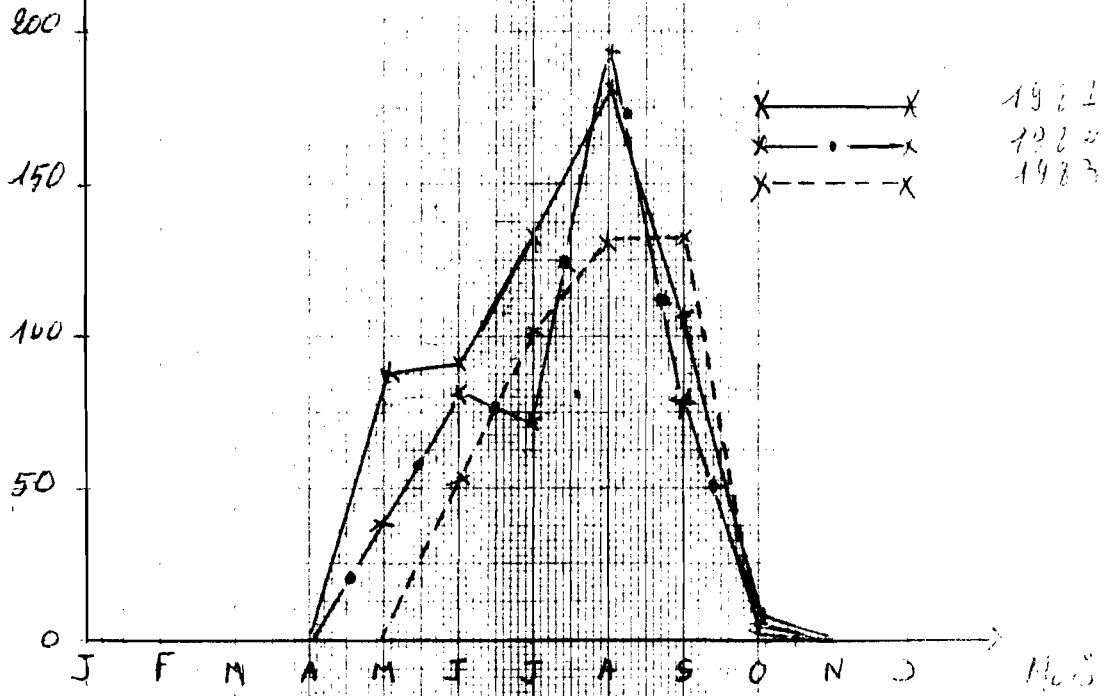
2.2.3. Les températures

L'abri météorologique de Bogandé est d'une installation récente (3 années d'observations). Les données disponibles concernant les températures, l'humidité et l'évaporation ne couvrent donc pas une longue période.

Pour les températures, le tableau III permet cependant de dégager les caractéristiques suivantes :

Fig. N° 4 : Variations mensuelles comparées
(1981 - 1983)
- Station ASECNA de BOGANDA -

Hauteur d'eau
(mm)



Hauteur d'eau
(mm)

Fig. N° 5 : Pluviométrie interannuelle (1974-1983)
(Station ASECNA de BOGANDA)

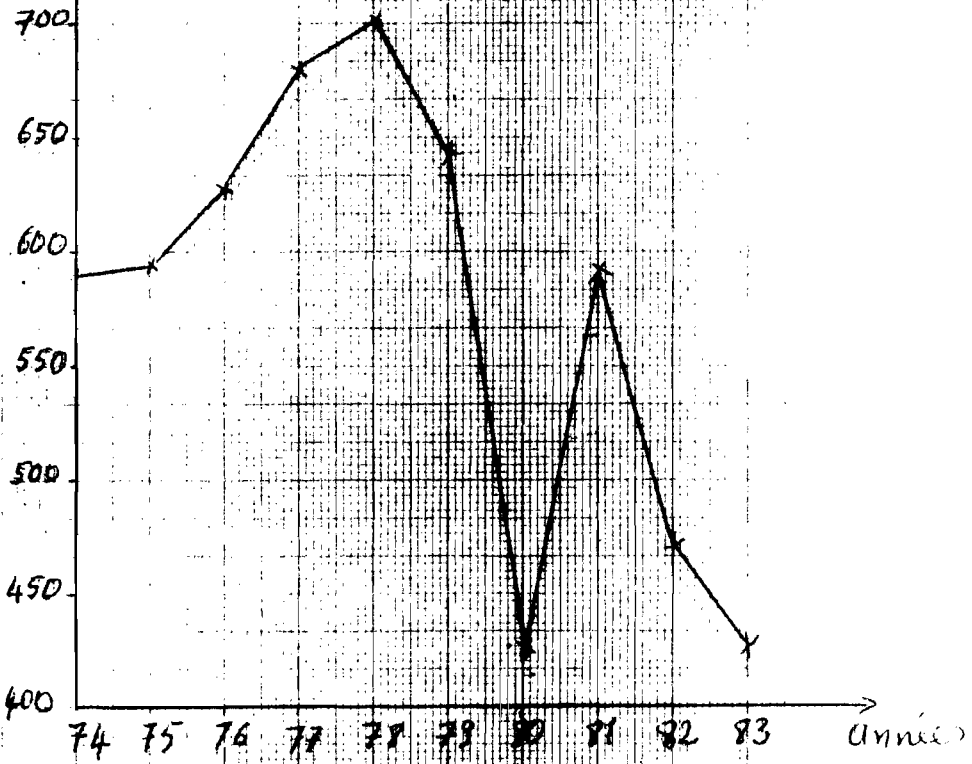


Tableau II : Pluviométrie décadaire (1981 - 1983)
Station ASECNA de Bogandé

Années	Mois Décades	A	M	J	J	A	S	O	Totale annuelle
81	1	0	0	6,1	77,6	39,4	73,3	3,6	593
	2	0	6,6	0,3	21,2	85,5	16,0	0	
	3	0	76,3	79,2	34,1	57,4	12,0	0	
	Totales mensuelles	0	82,9	85,6	132,9	182,3	106,3	3,6	
82	1	0	18,5	10,4	21,2	103,2	8,3	5,2	471,8
	2	0	20,4	0	37,3	30,9	35,9	2,4	
	3	0	0	71,6	12,8	59,1	34,6	0	
	Totales mensuelles	0	38,9	82,0	71,3	193,2	78,8	7,6	
83	1	0	0	0	0,0	14,6	30,4	2,9	423,4
	2	0	0	32,4	49,5	35	50,4	0	
	3	0	0	22,1	57,7	79,4	53	0	
	Totales mensuelles	0	0	54,5	107,2	131	133,8	2,9	

- D'une façon générale, les températures sont très élevées. La température minimale la plus faible enregistrée est de 13° C en Janvier 1982, tandis que la température maximale la plus élevée est de 42° C. (Avril 1980 et 1983) La température moyenne pour les trois dernières années est de 27°8 C et l'amplitude thermique moyenne (écart entre les températures extrêmes moyennes) de 14°4 C.

- Enfin, les écarts de températures de la saison pluvieuse (9° C à 13°7 C) sont inférieurs à ceux de la saison sèche (9° à 19° C).

Tableau III : Températures moyennes (1980 - 1982)
Station ASECNA de Bogandé

Mois	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D	
Années 1980	Mx	31,8	35,7	37,3	42,0	40,0	35,7	33,7	32,2	33,4	35,8	35,3	32,2
	Mn	14,3	17,8	19,4	22,6	28,1	25,0	23,3	22,4	23,3	24,8	17,5	13,8
	My	23,0	24,0	28,4	32,3	34,0	30,4	28,5	27,3	28,4	30,3	26,4	23,0
1982	Mx	31,4	34,0	36,1	42,0	38,2	36,3	30,1	32,0	33,1	36,2	35,2	33,7
	Mn	13,5	18,9	20,9	23,4	20,8	19,3	19,9	24,7	22,4	23,6	17,2	15,6
	My	22,5	26,5	28,5	32,7	29,5	27,8	25,0	28,4	27,8	29,9	26,2	24,7
1981	Mx	31,9	35,5	36,4	41,2	38,6	37,1	32,3	31,8	33,1	34,7	34,7	31,8
	Mn	13,5	18,9	20,9	23,4	20,8	19,3	19,9	24,7	22,4	23,6	17,2	15,6
	My	22,5	26,5	28,5	32,7	29,5	27,8	25,0	28,4	27,8	29,9	26,2	24,7

2.2.4. Autres éléments du climat

2.2.4.1. Les vents

Deux types de vent dominant dans la région : Ce sont l'harmattan et la mousson.

2.2.4.1.1. La mousson

C'est un vent tiède et humide du Sud et du Sud-Ouest. Il entraîne à l'intérieur du pays les pluies et souffle en saison pluvieuse.

2.2.4.1.2. L'harmattan

En saison sèche, c'est l'harmattan qui domine. C'est un vent sec et chaud, chargé de poussière et qui accentue la dessiccation. Il a une action érosive très intense sur les sols nus (départ des éléments fins du sol).

En début d'hivernage, les interactions entre l'harmattan et les pluies sont à l'origine de l'intermittance des pluies à cette époque.

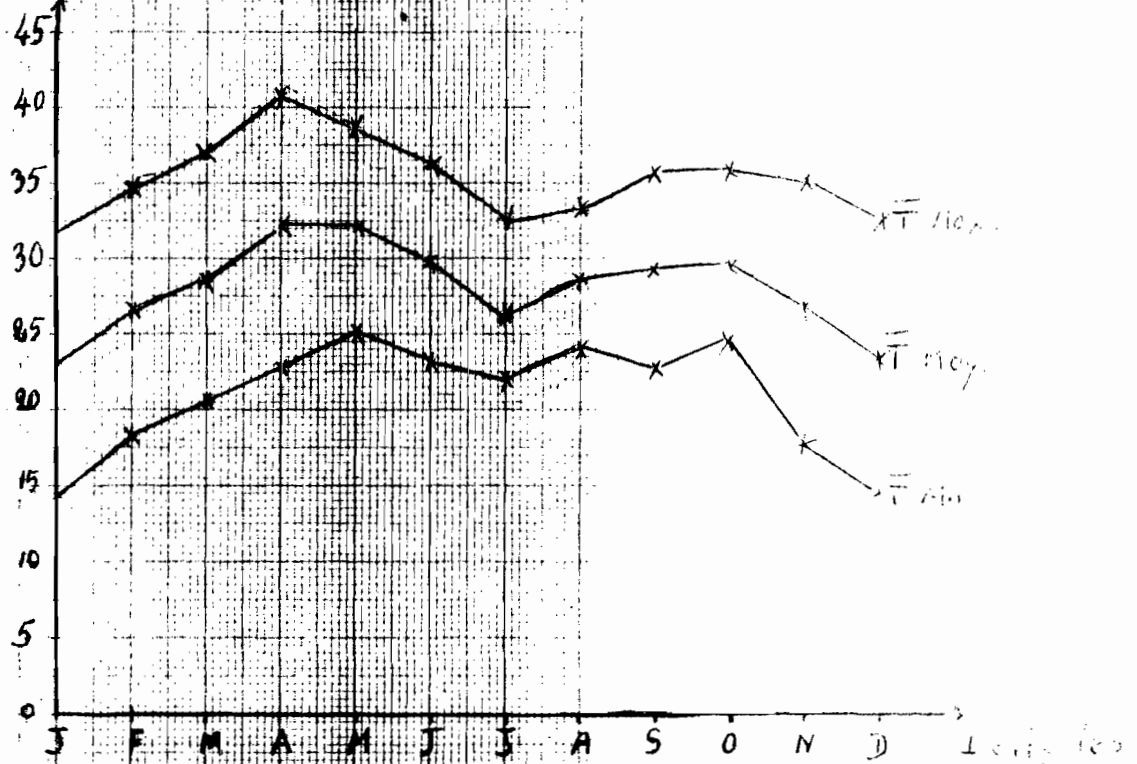
Fig. n°6 : Variations Thermiques

(Moyennes faites sur 3 ans)

1980 - 1982

Station ASECNA de Bougahi

Températures



\bar{T}_{max} : moyennes des températures maximales

\bar{T}_{Moy} : moyennes générales

\bar{T}_{min} : moyennes des températures minimales.

2.2.4.2. L'humidité de l'air

Elle est fonction de la pluviosité. L'humidité relative moyenne est très élevée pendant la saison des pluies. Le tableau IV et la figure N°7 indiquent que pour les trois dernières années, l'humidité relative moyenne a été de 63,6 % et 59,3 % respectivement en Juillet et Août. Les plus faibles valeurs sont enregistrées en saison sèche notamment en Mars (22 %). Ces faibles valeurs sont dues au caractère asséchant de l'harmattan qui souffle dès le mois de Novembre.

Tableau IV : Les valeurs moyennes de l'humidité de l'air
(1980 - 1982)
Station ASECNA de Bogandé

A	M	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	H												
1980	8	55	44	33	35	51	66	74	79	72	52	42	41
	12	25	27	15	21	33	52	54	67	53	48	22	31
	15	14	20	16	18	29	32	59	61	54	59	85	22
	MY	31,3	30,3	21,3	24,7	37,6	50,0	62,3	59,7	59,7	63,0	29,7	31,4
1981	8	54	40	29	37	58	63	78	80	74	60	45	48
	12	24	26	17	23	36	45	60	68	59	41	31	29
	15	15	25	16	23	37	42	58	63	56	40	28	27
	MY	31	30,3	20,7	43,6	50,0	65,3	70,3	63,0	47,0	34,7	34,7	34,7
1982	8	21	17	39	52	65	74	76	53	54	55	49	43
	12	15	11	16	25	39	48	59	45	52	53	42	38
	15	15	14	17	23	39	48	55	39	52	51	25	24
	MY	17	14	24	33,3	47,7	56,7	63,3	48,0	52,7	53,0	38,7	35,0
MY des 3 années		26,4	24,8	22,0	28,5	48,1	52,2	63,6	59,3	58,5	51,0	34,4	33,7

2.2.4.3. L'évaporation

La station météorologique de Bogandé dispose d'un évaporomètre piche. Les mesures réalisées au cours des trois dernières années sont représentées graphiquement (fig. N°7)

Cette courbe montre une forte évaporation durant la saison sèche alors qu'elle est plus faible pendant la saison pluvieuse. La moyenne des trois dernières années est de 201,9 mm pour une pluviométrie moyenne de 496,06 mm. On peut donc conclure que l'évaporation est très élevée dans la région.

La figure N°7 permet aussi d'affirmer que l'évaporation (Ep) varie en sens inverse de l'humidité de l'air (Hr) pendant une grande partie de l'année notamment à partir du mois d'Avril.

2.3. Influence du climat sur le milieu

2.3.1. Influence du climat sur la pédogenèse.

Sur le plan de la pédogenèse, les conditions du climat précitées favorisent la décomposition de la matière organique, contribuant ainsi à la disparition rapide de la litière.

Par ailleurs, le climat intervient aussi dans l'altération des roches qui rencontre des conditions favorables, notamment de températures et d'humidité.

2.3.2. Les processus de marphogénèse sur le PAPEM

2.3.2.1. Le ruissellement

Le ruissellement est la fraction des pluies qui ne peut s'infiltrer dans le sol pour des raisons diverses (faible capacité d'infiltration du sol, forte intensité des pluies, présence de pellicule de battance etc...) et qui s'échappe à la surface du sol. (Roose 1981).

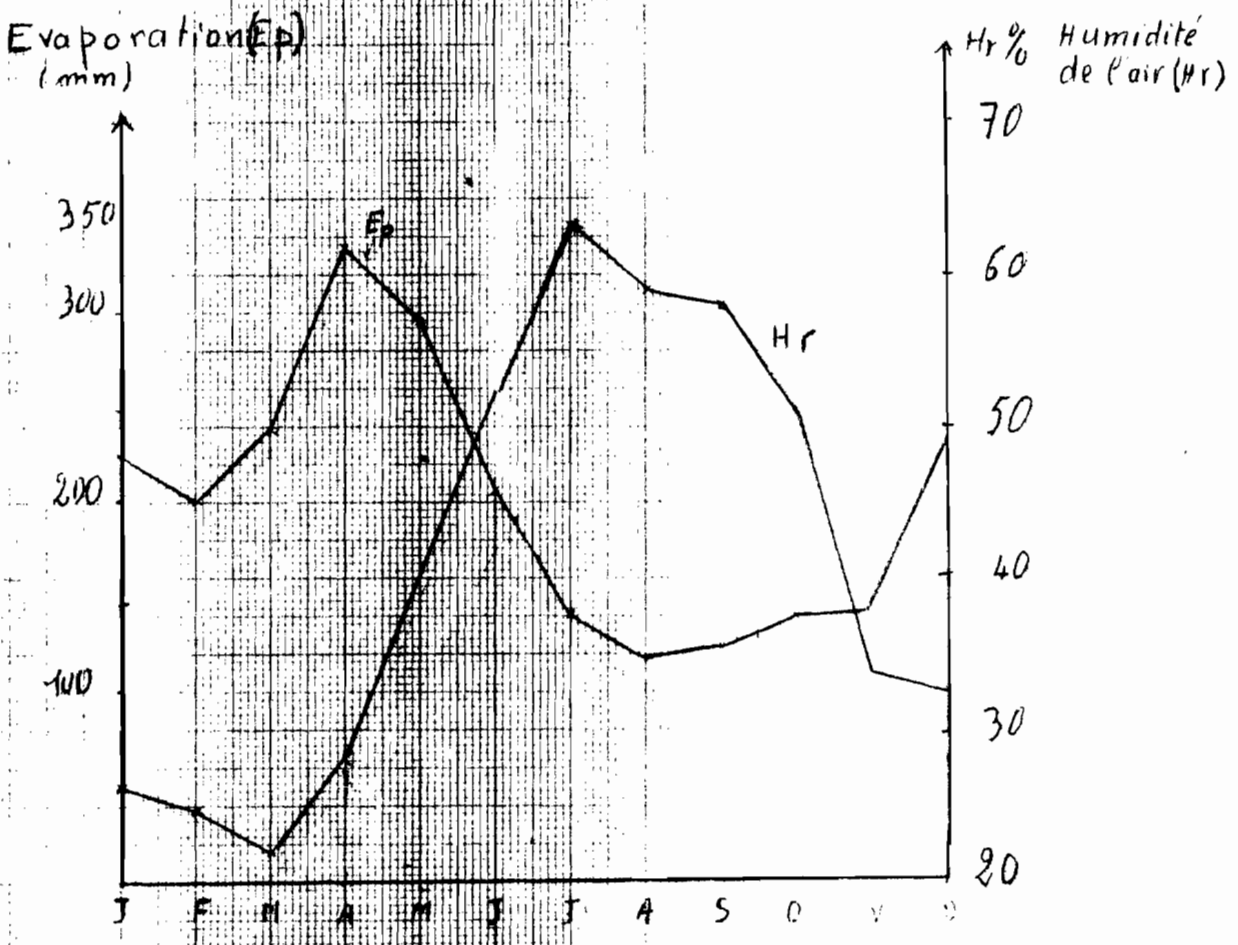
On distingue :

- le ruissellement concentré dans lequel les eaux se concentrent dans les chenaux.
- le ruissellement diffus ou en nappe caractérisé par un écoulement des eaux sur toute la surface du terrain.

Sur le PAPEM de Bogandé, seules les traces du ruissellement en nappe

Fig. N° 7

Evaporation piche et Humidite de l'air.
Station ASECNA de BOGANE



ont été observées. Il s'y manifeste par :

- le décapage de la surface du sol,
 - la formation de "micro-marches" d'escalier
 - le glaçage du sol
 - la concentration d'éléments gravillonnaires suite à la disparition en surface des éléments fins, (diamètre inférieur à 50 μ).
-
- des Amorces d'entailles de faible profondeur
 - et la présence de cuvettes de décantation.

2.3.2.2. L'érosion

2.3.2.2.1. Formes de l'érosion sur le PAPEM.

L'érosion est le processus par lequel les particules solides sont arrachées à la surface du sol et transportées vers d'autres zones.

On distingue généralement l'érosion éolienne et l'érosion hydrique.

- L'érosion éolienne

Le vent assure l'arrachage et le transport des particules. En raison de l'absence de feux de brousse dans la zone d'étude au moment des travaux de terrain, on peut penser que cette forme se manifeste au niveau des champs dépourvus de toute couverture végétale après les récoltes. L'harmattan en est l'agent principal.

- L'érosion hydrique

Elle dépend de l'eau de pluie. C'est l'énergie des gouttes de pluie qui déclenche la destruction des agrégats du sol, la formation d'une pellicule de battance peu perméable et la naissance du ruissellement, lequel assure le transport des particules détachées (Roose 1981) On distingue :

- l'érosion en nappe : les particules sont arrachées sur toute la surface du sol. Elle est liée au ruissellement en nappe.

- l'érosion en rigole : la terre est arrachée et transportée dans des chenaux.

- et l'érosion en ravine : c'est une énergique reprise de l'érosion en rigole.

Seule l'érosion en nappe sévit sur le PAPEM de Bogandé. Elle s'y

manifeste par un exhaussement des touffes graminéennes, un enrichissement résiduel en produits grossiers (sables grossiers, gravillons ferrugineux, cailloux quartzeux) souvent groupés en plage.

2.3.2.2.2. Conséquences de l'érosion

Le décapage du sol provoqué par l'érosion amincit les horizons humifères du sol. Elle évacue sélectivement les particules fines et les éléments liés à la fertilité (argile, matière organique, bases, phosphore assimilable ...etc). Il en résulte donc un appauvrissement du sol.

Ce faisant, elle laisse sur place les sables et les graviers en une sorte de mulch (Roose 1981) tandis que les éléments décapés vont s'accumuler dans les bas de pente et les vallées où ils seront le siège du développement de certains types de sol (sols peu évolués d'apport, sols hydromorphes). Certains de ces sols ont été observés sur le PAPEM. Nous en décrirons ultérieurement.

CONCLUSION PARTIELLE

L'examen de quelques données des principaux facteurs climatiques, fait ressortir le caractère très contrasté du climat : une saison sèche rude et longue et une saison des pluies relativement courte à averses violentes et nombreuses qui sont à l'origine des processus morphodynamiques observées (ruissellement, érosion).

Ces conditions ne sont pas sans conséquences sur l'agriculture.

Ainsi, la faible pluviométrie et la mauvaise répartition des précipitations entraînent une alimentation hydrique déficitaire. Cette situation pose les problèmes suivants :

- au niveau de la production animale, l'assèchement rapide des points d'eau pose le problème de l'abreuvement.

- l'intensité de l'érosion, due aussi à la violence des pluies, pose le problème de la conservation des sols.

- au niveau de la production végétale, les cultures terminent difficilement leur cycle.

Les solutions suivantes peuvent être préconiser :

- l'alimentation du bétail en eau peut trouver sa solution dans le forage de puits, notamment au niveau des bas-fonds où la nappe phréatique est souvent peu profonde.

- la lutte contre l'érosion hydrique peut être menée par la construction de diguettes suivant les courbes de niveau ou par la pratique des cultures en buttes croisées.

- et sur le plan de la production végétale, les espèces végétales et les variétés doivent être choisies en fonction de leur cycle (cycle court) et de leur exigence en eau (variétés ou espèces peu exigeantes).

III GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

3.1. Géologie

Selon HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) les formations géologiques de Haute-Volta se regroupent en trois grands ensembles :

- Les formations du précambrien C et D qui couvrent plus de 80 % de la superficie du pays. Ces formations appartiennent à l'ensemble cristallin ivoiro-voltaïque généralement désigné sous le nom de bloc Baoulé-Mossi.

- Les formations sédimentaires du précambrien A. On y distingue la couverture des bordures orientales et Nord orientales du Bassin de Taoudéni et celles de l'extrémité Nord-Est des formations de l'Otti qui font partie du système voltaïen.

- Et les formations récentes (tertiaires et quaternaires) constituées par le continental terminal, les latérites et les dunes représentées surtout au Nord.

3.1.1. Les formations géologiques du secteur de Bogandé

3.1.1.1. Les formations du substratum

La figure N°8 situe Bogandé sur les formations du précambrien D (antébirrimiennes) du bloc Baoulé - Mossi.

Ces formations occupent la partie centrale et se présentent comme un noyau granito-migmatitique sur lequel viennent se mouler les formations birrimiennes (précambrien C).

HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) distinguent dans ce secteur, trois types de formations antébirrimiennes :

- les leptynites et les migmatites leptynitiques
- les migmatites à biotite - amphibole
- et les migmatites et granites indifférenciés.

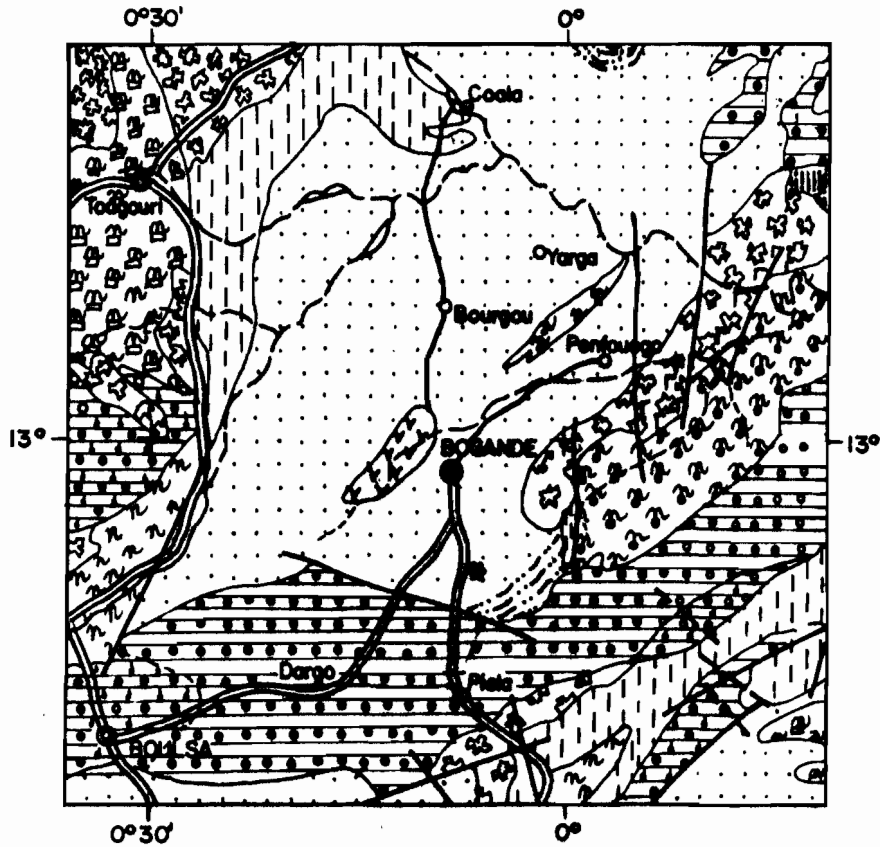
Ainsi que l'indique la figure N° 8, les migmatites et granites indifférenciés constituent le substratum du PA:EM de Bogandé. Elles forment la majeure partie des formations antébirrimiennes du secteur de Bogandé.

Les granites sont des granites à biotites et à biotite-amphibole tandis que les migmatites sont plus riches en amphibole. (HOTTIN et OUEDRAOGO 1975).

Fig 6. **ESQUISSE GEOLOGIQUE DU SECTEUR DE BOGANDE**

EXTRAIT DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE HAUTE-VOLTA

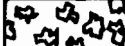
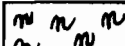
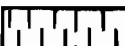
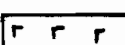
Dressée par G. HOTTIN et O. F. OUEDRAOGO (1976)



LEGENDE

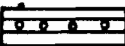
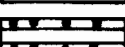

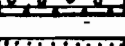
PRECAMBRIEN C (BIRIMIEN)

Roches volcano-sédimentaires


-  Méta volcanites neutres à basiques
-  Métasédiment argileux ou argilogreux
-  Volcano sédimentaire: tufs, laves et sédiments associés
-  Faciès grenus basiques (sils, localités) associées aux métavolcanites: diorites gabbros, diorites quartziques

Roches plutoniques

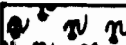
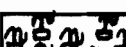
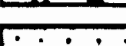

Granites syn à tardi-tectoniques

-  Granites à biotite parfois muscovite
-  Granites à biotite et muscovite
-  Granite à biotite amphibole
-  Granodiorites, granites calco-alcalins



Faciès particulières

-  Pegmatites et aplites, granites pegmatiques et aplitiques associées

PRECAMBRIEN D (ANTEBIRIMIEN)

-  Leptynites, migmatites leptynitiques
-  Migmatites à biotite amphibole
-  Migmatites et granites indifférenciés
- Faciès pétrographiques spéciaux**
-  Amphibole pyroxenites, métagabbros noritiques

SIGNES PARTICULIERS

-  Faille
-  Faille probable
-  Représentation du P.A.P.E.M.

ECHELLE: 1/1 000 000



3.1.1.2. Les formations de recouvrement

Les formations de surface sont constituées essentiellement par des cuirasses et le matériel colluvial-alluvial.

3.1.1.2.1. Les cuirasses latéritiques

Selon KALOGA (1968) les cuirasses latéritiques se sont formées par accumulation de fer provenant des argiles kaolinitiques. En effet, lorsque l'altération kaolinitique est profonde, une nappe phréatique s'installe dans le matériau kaolinitisé. Cette nappe devient ainsi le réservoir où s'accumulent les solutions de lessivage chargées des hydroxydes de fer et de manganèse.

Sous les tropiques, elle est soumise à de fortes fluctuations saisonnières (alternances de périodes humides et sèches) facilitant ainsi le phénomène d'induration des hydroxydes avec formation de cuirasses.

3.1.1.2.2. Le matériel colluvio - alluvial

Ces matériaux se sont constitués au fil des années grâce à des processus d'arrachement, de transport et d'accumulation d'éléments fins (argile, limon) ou grossiers (graviers, cuirasses roulées). Ils sont généralement observés dans les plaines alluviales ou les bas de pente.

Lorsqu'ils sont fins, ils constituent les supports pédologiques de la plupart des sols hydromorphes. Il en existe de ceux-là sur le PAPEM.

3.1.2. L'altération des roches

On distingue généralement deux types d'altération : l'altération montmorillonitique et l'altération kaolinitique.

3.1.2.1. L'altération montmorillonitique

Ce type d'altération est à l'origine de la genèse des argiles de type 2/1 particulièrement la montmorillonite. L'altération montmorillonitique s'effectue de façon que les cations restent dans la zone d'altération après destruction de la roche-mère (Bonifas 1959 - cité par KALOGA 1968) du fait du drainage réduit. Cette altération se rencontre sur roche basique.

3.1.2.2. L'altération kaolinitique

Elle aboutit à la transformation totale des minéraux en kaolinite (argile de type 1/1) avec individualisation et lessivage des hydroxydes de fer et de manganèse. On n'observe pas d'individualisation de l'alumine qui reste

lié à la silice résiduelle sous forme de kaolinite. (KALOGA 1966 ; cité par PARE et YERGEAU (1983)).

La kaolinite, selon KALOGA (1966) est un minéral caractéristique d'un environnement acide. L'altération kaolinitique se fait sur roche acide particulièrement sur granite à biotite.

Ce type d'altération est le plus fréquent sur le PAPEM de Bogandé et constitue un élément important dans la pédogénèse des sols ferrugineux tropicaux.

3.2. La Géomorphologie

L'allure générale du terroir est dominé par les plateaux cuirassés avec parfois des affleurements de massifs circonscrits constitués de granites et de migmatites indifférenciés. A cela s'ajoutent les lits des marigots, les drains souvent étroits et des versants de pente faible (2 à 3 %). Ces versants s'étirent progressivement vers des rivières parfois mal définies.

IV LA VEGETATION

Le paysage est une savane arborée très dégradée où les principales formations ligneuses sont associées à un tapis graminéen dense. La présence d'épineux (Ziziphus mauritiana, Accacia sp, Balamites aegyptiaca) n'est pas sans rapport avec l'influence sahélienne. Parfois, la végétation disparaît pour laisser apparaître un sol dénudé, ocre, glacé et exposé aux intempéries (érosion hydrique ou éolienne, radiations solaires).

L'analyse de cette végétation permet de distinguer les étages suivants :

- Une strate arborée composée de

<u>Butyrospermum parkii</u>	(Sapotaceae)
<u>Lannea microcarpa</u>	(Anacardiaceae)
<u>Tamarindus indica</u>	(Caesalpiaceae)
<u>Sclerocarya birrea A. rich</u>	(Anacardiaceae)
<u>Parkia biglobosa</u>	(Mimosaceae)
<u>Adansonia digitata</u>	(Bombacaceae)
<u>Anogeissus leiocarpus</u>	(Combretaceae)

- Une strate arbustive où l'on reconnaît :

<u>Dichrostakys glomerata</u>	(Mimosaceae)
<u>Piliostigma reticulata</u>	(Caesalpiaceae)

<u>Guiera senegalensis J. F. Gel</u>	(Combretaceae)
<u>Combretum glutinosum</u>	(Combretaceae)
<u>Combretum micrantum</u>	(Combretaceae)
<u>Zyzyphus mauritiana</u>	(Rhamnaceae)
<u>Balamites aegyptiaca</u>	(Zygophyllaceae)
<u>Accacia albida</u>	(Mimosaceae)

- et une strate herbacée très dense. Cette dernière, de la famille des graminées, est constituée par les espèces ci-après :

<u>Loudetia togoensis</u>
<u>Penicetum pedicelatum</u>
<u>Cymbopogon shoenanthus</u>
<u>Shoenefeldia gracilis</u>

La strate herbacée subit plus la dessiccation au cours de la saison sèche.

La végétation subit l'action de l'exploitation des populations environnantes soit à des fins domestiques (bois de chauffe et de construction) soit comme nourriture d'appoint pour le bétail (ovins, caprins).

Il faut souligner enfin que l'étude de la végétation n'a pas été sans difficultés. Le PAPEM ayant été défriché et dessouché avant les travaux de terrain, il était difficile d'identifier certaines espèces avec certitude à partir des branches et des feuilles mortes. Il était encore plus difficile d'apprécier l'abondance et la dominance d'une espèce par rapport à une autre.

V ACTION DE L'HOMME ET DE LA FAUNE

5.1. La faune

Elle est représentée par la mésofaune, les termites surtout (Trinervitermes genamitus Wasmann). En effet, le PAPEM est parsemée de petites termitières cylindriques, beiges ou grises construites par des termites moisonneuses qui y stockent des fragments de graminées et de grains.

Ces termites sont responsables de remontées de grandes quantités de terre fine (diamètre inférieur à 50 μ) provenant des horizons inférieurs du sol. Selon ROOSE (1981), la quantité de terre remontée par ces termites est d'environ 1.200 kg/ha pour 1.300 nids épigés. Cet auteur a également montré que les termitières étaient plus riches en éléments nutritifs que la terre

environnante (profondeur 0 - 10 cm). Ainsi par ces remontées, les termites s'opposent au drainage des matériaux fins (argile notamment) et à la lixiviation des éléments solubles. En outre les galeries pratiquées dans le sol favorisent son aération et en augmente l'infiltration.

5.2. L'homme

Comme partout ailleurs, l'homme intervient dans la pédogénèse par diverses pratiques notamment par le défrichement, les feux de brousse et l'élevage.

5.2.1. Le défrichement

Par l'installation des champs, l'homme procède à un défrichement. Ce qui provoque un déséquilibre se traduisant au niveau du sol par des phénomènes d'érosion. Mais le défrichement n'est pas toujours intégral. Il reste parfois dans les champs les grands arbres difficiles à abattre et quelques autres fruitiers de brousse (karité, néré).

Par ailleurs, les pratiques culturales traditionnelles irrationnelles appauvrissent le sol. En effet, les exportations d'éléments nutritifs par les grains ne sont pas compensées (absence de fumure minérale). En outre les résidus de culture (pailles) sont généralement détruits ou exportés à des fins domestiques ou autres (construction de haie). Ceci favorise l'appauvrissement du sol en matière organique.

Ces diverses actions contribuent à la dégradation du sol suivie d'une baisse du potentiel agricole des milieux concernés.

5.2.2. L'élevage

Le piétinement du sol par le déplacement des troupeaux (bovins notamment) favorise l'amorce de l'érosion par le creusement de rigole et la destruction de la structure du sol (le sol devient compact).

5.2.3. Les feux de brousse

Les feux de brousse ont une action très nocive sur les sols :

- Ils mettent à nu le sol qui, désormais, reçoit intégralement le rayonnement solaire incident. Cette énergie, en surchauffant le sol, détruit les microorganismes du sol et accroît l'évaporation.

- le sol dénudé reçoit toute l'énergie cinétique des gouttes d'eau pluviale qui viennent s'y écraser. Cet effet en désagrège la structure.

- Enfin, en supprimant la matière organique, les feux de brousse maintiennent dans le sol un faible taux de matière organique. L'évolution pédologique est limitée dans les horizons de surface et la fertilité minérale fortement amoindrie.

VI LES SOLS

BOULET (1976) fait ressortir une grande diversité de sol dans le secteur de Bogandé. Ce sont essentiellement des lithosols, des sols bruns eutrophes, des sols hydromorphes ou des sols ferrugineux tropicaux. Ces derniers constituant en majeure partie le solum du PAPEM de Bogandé.

Profonds ou moyennement profonds (BOULET 1976), ces sols voient leurs aptitudes agronomiques limitées par leurs mauvaises caractéristiques physiques, (structure massive ou prismatique, porosité réduite, drainage déficient) et par leur pauvreté chimique.

Leur rentabilisation relève donc des techniques culturales notamment le labour avec apport de matière organique.

C O N C L U S I O N

L'étude du milieu physique met en évidence le caractère sévère et contrasté du climat : saison sèche longue et rude, saison pluvieuse courte caractérisée par une faible pluviométrie et une mauvaise répartition des précipitations.

En outre, l'absence d'un couvert végétal adéquat et les actions dévastatrices de l'homme créent des conditions favorables à la dégradation des sols.

Cette situation impose à l'agriculteur l'élaboration d'un calendrier cultural adéquat, le choix judicieux des espèces végétales ainsi que la mise en place de systèmes de défense et de restauration des sols.

IIe P A R T I EETUDE DES SOLS

Cette partie présente l'étude des sols. Elle vise à déterminer les types de sol du PAPEM et à en définir les potentialités agronomiques. Elle comporte trois chapitres. Le premier expose la méthodologie de la cartographie. Les deux derniers sont consacrés, respectivement, à la monographie des sols et à la détermination des aptitudes culturales.

I METHODOLOGIE DE LA CARTOGRAPHIE

La présente étude s'étant déroulée au B.N.S. les méthodes de travail sont celles qu'on y utilise pour l'établissement de la carte des sols à grande échelle. Cette démarche comporte trois grandes étapes :

- la prospection pédologique
- les analyses au laboratoire
- et l'édition de la carte.

1.1. La prospection pédologique

Elle comporte deux phases : la prospection préliminaire et les travaux de terrain.

1.1.1. La prospection préliminaire

Elle a consisté en une recherche de documents concernant la zone étudiée. Ces documents qui figurent dans la bibliographie ont permis d'apprécier surtout les caractères du milieu naturel.

1.1.2. Les travaux de terrain

Les travaux de terrain se sont déroulés du 27 Décembre au 29 Décembre 1983 et ont comporté deux étapes :

- le quadrillage
- et la description des profils

1. 1.1.2.1. Le quadrillage

Il a consisté en la détermination de l'emplacement des profils pédologiques. Au total, 30 profils ont été placés soit deux (2) profils par hectare. Ceci correspond à une observation par 2 cm^2 sur la carte, conformément aux normes établies par le B.N.S. au niveau des études pédologiques au 1/5.000.

La détermination des emplacements des profils a été faite à l'aide d'une corde de 100 m.

Le placement des profils a été immédiatement suivi de leur creusement.

1.2.1.2. La description des profils

Cette description s'est faite suivant les directives établies par l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O. 1977).

Pour l'appréciation des couleurs, nous avons utilisé le Code Munsell.

1.2. Les résultats analytiques

Quatre profils ont été retenus pour la caractérisation des principales unités de sol rencontrées. Aussi des prélèvements ont-ils été effectués au niveau des différents horizons en vue des analyses au laboratoire. Quinze (15) échantillons ont été prélevés sur les 4 profils. Sur chaque échantillon, quatorze (14) déterminations relatives à la chimie et à la physique du sol ont été réalisées.

1.2.1. L'échantillonnage

Afin d'éviter les pollutions éventuelles des échantillons, le prélèvement s'est effectué de bas en haut des profils. Ces échantillons sont enfermés dans un sachet en plastique et immédiatement affecté d'un numéro (numéro d'origine).

1.2.2. Les méthodes d'analyse

Ces méthodes sont encore celles utilisées par le B.N.S. Il faut distinguer les méthodes d'analyse chimique, les méthodes d'analyse physique et celles relatives à la détermination de la matière organique.

Ces différentes méthodes sont données en Annexe (Annexe 1.).

1.2.3. Les normes d'interprétation

Pour l'interprétation des résultats, nous avons utilisé les normes données par le tableau V et le triangle international des textures (fig.N°9) Certaines données numériques ont donné lieu à des calculs réalisés à partir des formules de l'annexe II.

1.3. L'édition de la Carte

Les études de terrain ont été réalisées au 1/5.000, échelle adoptée

Fig. N° 9 : Triangle International
des Textures

(d'après F.A.O (1977) : Directives
pour la description des sols.)

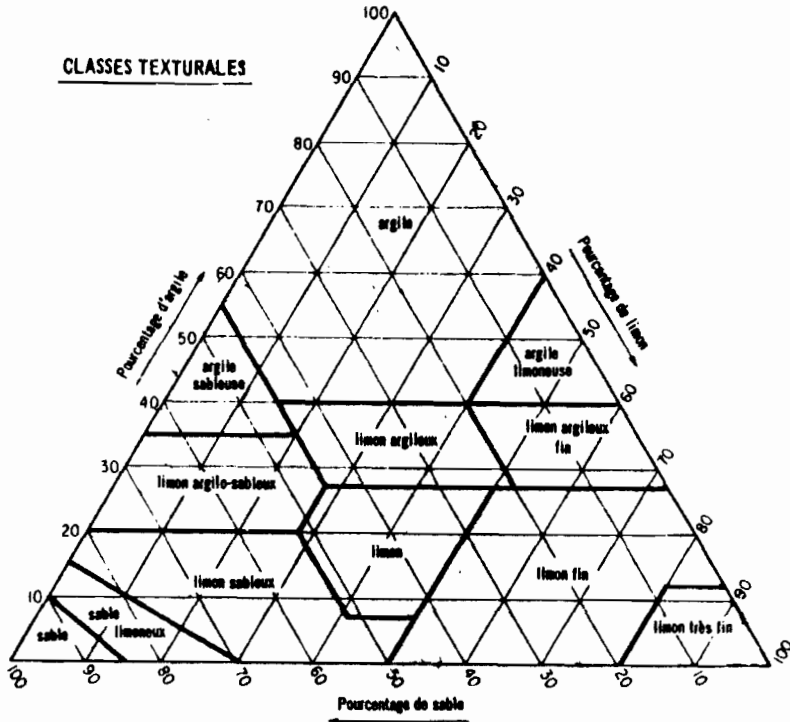


TABLEAU N° 1

NORMES D'INTERPRÉTATION DES ANALYSES CHIMIQUES CRISTOM

En % de la terre tamisée à 2 mm	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
Phosphore assimilable (I)	< 0,03	0,03 à 0,05	0,05 à 0,1	0,1 à 0,2	> 0,2
Phosphore total	< 0,5	0,5 à 1,0	1,0 à 1,5	1,5 à 3,0	> 3,0
Azote total (I)	< 0,5	0,5 à 1,0	1,0 à 1,5	1,5 à 2,5	> 2,5
Matière Organique totale	< 10	10 à 20	20 à 30	30 à 50	> 50

En méq/100g de terre tamisée à 2 mm	Très pauvre (très faible)	Pauvre (faible)	Moyen (moyenne)	Riche (forte)	Très riche (très forte)
Ca ⁺⁺	< 1,0	1,0 à 2,3	2,3 à 3,5	3,5 à 7,0	> 7,0
Mg ⁺⁺	< 0,4	0,4 à 1,5	1,0 à 1,5	1,5 à 3,0	> 3,0
K ⁺	< 0,1	0,1 à 0,2	0,2 à 0,4	0,4 à 0,8	> 0,8
Na ⁺	< 0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 0,7	0,7 à 2,0	> 2,0
(S) Somme des bases échangeables	< 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	> 15
Capacité d'échange	< 5	5 à 10	10 à 25	25 à 40	> 40
(V) Taux de Saturation en %	< 15	15 à 40	40 à 60	60 à 90	> 90

Réaction du sol	Extrêmement acide	Très fortement acide	fortement acide	moyennement acide	faiblement acide
pH eau	< 4,5	4,5 à 5,0	5,1 à 5,5	5,6 à 6,0	6,1 à 6,5
	Neutre	légèrement alcalin	Modérément alcalin	fortement alcalin	très fortement alcalin
	6,6 à 7,3	7,4 à 7,8	7,9 à 8,4	8,5 à 9,0	> 9,1

	Très bas	Bas	Moyen	Fort	Très Fort
C/N	< 8	8 - 10	10 à 15	15 à 25	> 25
K/T	< 1 carence en K	1 - 2 besoin élevé en K	2 - 5 besoin faible en K	> 5 Pas de besoin immédiat	
Mg/K	< 2 carence en Mg	2 - 20 Bon	20 Carence en K		
N/P	> 2 carence en P	< 2 carence en N			

(I) - Décalage d'une colonne vers la gauche pour les sols sableux.

par le B.N.S. pour l'étude des PAPEM. Mais la carte est dressée au 1/2.500è dans le seul souci de bien la visualiser.

Elle a été élaborée à partir du quadrillage qui a servi à l'installation des profils sur le terrain. Ainsi, nous avons procédé au regroupement à l'intérieur d'une même unité de sol des profils définissant un même sol.

Le traçage des limites des unités de sol tient compte de la distance qui sépare différents profils consécutifs n'appartenant pas à la même unité de sol.

II - MONOGRAPHIE DES SOLS

1. Généralités

1.1. Définitions

Avant d'aborder l'étude des sols, il nous apparaît utile de préciser le sens de certains termes. Ils sont utilisés pour caractériser les formes d'immobilisation du fer et/ ou du manganèse. Les différentes définitions proviennent des travaux de l'O.R.S.T.O.M. (1967) :

Cuirasse	Niveau fortement induré du sol, se cassant uniquement au marteau.
Carapace	Niveau ayant un degré d'induration moindre ; peut être facilement coupé à la pioche.
Concrétion	Noyau de concentration des oxydes de fer et /ou de manganèse suffisamment individualisé pour être détaché de la terre sans s'effriter.
Tache	Concentration des oxydes de fer souvent sans limite bien nette avec la masse de sol dont elle ne peut être détachée sans s'effriter
Gravillon	Matériau induré, très dur. Il est d'origine allochtone et présente un cortex lisse, souvent luisant.

1.2. Classification des sols

Les sols sont classés d'après la classification française de la Commission de Pédologie et de Cartographie des sols (C.P.C.S.) (1967). Il s'agit d'une classification morphogénétique. Les différentes catégories sont définies en fonction des conditions et des processus d'évolution.

Les différentes unités de classification sont : la classe, la sous-classe, le groupe, le sous-groupe, les facies, la famille, la série, le type et la phase. La classification C.P.C.S. ne s'étale que jusqu'au niveau du sous-groupe. Aussi, dans les définitions qui suivent, nous nous limiterons à cette unité.

La classe et la sous-classe

Ces unités sont définies en fonction des conditions climatiques, physiques et chimiques d'évolution des sols :

- degré d'évolution des minéraux de la roche en relation avec les conditions climatiques et physico-chimiques.
- le type de matière organique et sa répartition
- la station définie par le pédo-climat ou par certaines conditions particulières (hydromorphie, halomorphie).

Le groupe

Il est défini par un caractère morphologique du profil correspondant à un processus d'évolution (lessivage par exemple).

Le sous-groupe

Il est défini en fonction soit de l'intensité du phénomène définissant le groupe, soit de l'apparition d'un processus secondaire d'évolution (induration, hydromorphie, concrétionnement ...etc).

2. Les sols du périmètre étudié

Les sols du PAPEM comprennent trois classes :

- la classe des sols brunifiés
- la classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse
- la classe des sols hydromorphes

L'étude sera présentée en 3 sous-chapitres correspondant aux différentes classes de sol.

2.1. Les sols brunifiés

2.1.1. Définition

Les sols brunifiés sont caractérisés par un humus de type mull, des

horizons (B) ou B souvent pauvres en matière organique. Le rapport C/N est généralement bas.

Cette classe contient 4 sous-classes dont celle des sols brunifiés des pays tropicaux. Les sols brunifiés de Haute-Volta appartiennent à cette dernière. Elle comporte un seul groupe. C'est celui des sols bruns eutrophes tropicaux. Ces derniers ont des horizons de surface à humus doux, assez abondant et bien lié à la matière minérale. Leur structure, nuciforme, est bien développée. Dans les horizons (B) la structure devient cubique à polyédrique moyenne. Le complexe est fortement saturé en calcium et la couleur tend au brun-rouge ou brun-jaune.

A Bogandé, le sous-groupe rencontré est celui des sols bruns eutrophes ferruginisés.

2.1.2. Les sols bruns eutrophes ferruginisés

Représentés sur la carte par le symbole I, ces sols ont une extension assez faible : 0,4 ha soit 2,7 % de la superficie du PAPEM. L'unique profil (P 11) placé dans cette unité de sol montre qu'ils sont profonds (plus de 100 cm) et constitués de 3 horizons. L'horizon supérieur a une vingtaine de centimètres d'épaisseur. Il se distingue des 2 autres par sa couleur, sa structure et sa texture. Ainsi, à l'état humide, il est gris-foncé tandis que les horizons sous-jacents sont jaunes. La texture limono-sableuse en surface devient limono-argileuse dans le reste du profil. La structure passe de massive à moyennement polyédrique subangulaire. En outre, à partir du deuxième horizon, des concrétions ferromanganifères, associées à des grains quartzeux, apparaissent. Leur pourcentage augmente avec la profondeur. Dans le dernier horizon, ces éléments grossiers sont associés à des nodules de calcaire. Ils constituent, avec la taille des agrégats, les principaux caractères morphologiques permettant de distinguer l'horizon médian de l'horizon de profondeur. En effet, les agrégats sont moyens et grossiers dans le 2^e horizon et seulement grossiers dans le 3^e.

Les pores sont très fins, fins, moyens et larges. La faible porosité inter-agrégats de l'horizon supérieur (structure massive) constitue un facteur qui ralentit la perméabilité et l'infiltration des eaux de pluie.

Enfin, jusqu'à environ 50 cm de profondeur, les agrégats sont tendres. Ceci pourrait faciliter les travaux de labour. Par contre, ils deviennent durs au-delà de cette profondeur.

Du point de vue des caractères chimiques, le seul profil décrit n'a

pas été échantillonné pour analyse au laboratoire. Cependant, les divers travaux effectués par le B.N.S. (Rapports techniques N°6 (1979) ; N°8 (1979) ; N°17 (1979) ; N°27 (1982)) et les résultats obtenus par d'autres auteurs (BOULET (1976) ; BARRO (1981) ; KALOGA (1968) ; LEPRUN et MOREAU (1968)) à travers la Haute-Volta, indiquent que les sols bruns eutrophes tropicaux ont le plus souvent un niveau de fertilité chimique assez élevé.

SOLS BRUNIFIES

Sols bruns eutrophes tropicaux ferruginisés

Description morphologique du profil N° 11

Date de description : 28/12/83
Physiographie : Plateau
Relief : faiblement ondulé
Erosion : non évidente
Perméabilité : modérément lente
Drainage : Imparfait
Nappe : au delà de 106 cm
Végétation : Tapis herbacé dense à Loudetia togoensis

0 - 17 cm : Gris (10YR5/1) à l'état sec ; gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide ; limon-sableux ; massif ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; tendre à l'état sec ; activité biologique bien développée ; racines peu nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite distincte.

17-49 cm : Jaune brunâtre (10YR6/8) à l'état sec ; jaune (10YR7/6) à l'état humide ; limon-argileux ; concrétions ferromanganifères plus gravillons quartzeux ; moyennement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec activité biologique bien développée ; racines peu nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite distincte.

49 - 106 cm : Jaune (10YR7/8) à l'état sec ; jaune (10YR8/8) à l'état humide ; limon argileux ; nombreuses concrétions ferromanganifères ; nodules calcaires ; moyennement polyédrique subangulaire grossier ; nombreux pores très fins, fins et moyen ; dur à l'état sec ; activité biologique faiblement développée ; racines rares très fines.

2.2. Les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse

Ce sont des sols à profil A(B)C ou A B C caractérisés par :

- une individualisation des sesquioxydes de fer ou de manganèse qui leur confère une couleur très accusée (rouge, ocre, rouille ou noir).
- un taux de saturation supérieur à 50 %
- un taux de matière organique généralement faible.

Cette classe comprend deux sous-classes :

- la sous-classe des sols fersiallitiques caractérisés par une coloration vive du profil, au moins en B. Les oxydes de fer sont distribués de façon similaire dans le profil. Ces oxydes accompagnent l'argile.

- la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux. C'est cette dernière qui a été rencontrée sur le PAPEM étudié. Ces sols ont un complexe absorbant moyennement désaturé en B (V varie de 50 à 60 %). L'argile est essentiellement de la kaolinite. La structure est massive en A et B. Ces sols sont le siège d'une pédogénèse favorable à la séparation du fer d'avec les particules d'argile. Dans ce cas, on observe souvent des migrations - argiles notamment -.

La sous-classe comporte trois groupes :

- les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés
- les sols ferrugineux tropicaux appauvris.

Le groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés est celui représenté sur le PAPEM (unité cartographique II).

Dans ce groupe, les sols présentent en dessous de l'horizon lessivé un horizon enrichi en argile et en sesquioxydes. La variation des teneurs en argile correspond à un indice de lessivage inférieur à 1/1,4. La structure en A est massive ou compacte.

Trois sous-groupes figurent sur le PAPEM de Bogandé. Ce sont :

- le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
- le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions.
- le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley.

2.2.1. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés

Ils sont caractérisés par la présence d'une carapace ou d'une cuirasse dans le sol. Selon la profondeur d'apparition de la carapace ou de la cuirasse, on distingue :

- les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels (0-20cm)
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds (20-40cm)
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds (40-60cm)
- les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds (60-80cm).

L'ensemble de ces sols forme l'unité cartographique II A

2.2.1.1. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels (carapace)

Représentés par l'unité cartographique II A1, ils sont peu étendus et couvrent une superficie totale de 0,4 ha soit 2,7 % du PAPEM. Ils sont représentés par le profil (P 18). L'unique horizon du profil, peu épais (16 cm), est gris ; la texture est limono-sableuse, la structure massive. De nombreux gravillons ferrugineux figurent dans le profil. La porosité est élevée. En effet, les pores sont nombreux, très fins, fins, moyens et larges.

Sur le plan de la fertilité chimique, la faible étendue de ces sols, la présence superficielle de la carapace et le taux de gravillonnement élevé ont fait que le profil n'a pas été échantillonné. Toutefois, les analyses effectuées sur les autres unités de sol (IIA3) du sous-groupe permettent de penser qu'ils ont une fertilité chimique faible. Ce caractère est, du reste, très influencé par l'importance du gravillonnement

2.2.1.2. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds

Ces sols sont représentés par les profils 7 et 17. Ils sont également peu étendus et couvrent 0,9 ha soit 6,0 % de la superficie totale du PAPEM. Ils forment l'unité cartographique IIA2.

Leur profondeur est de l'ordre de 30 cm. Tandis que le profil N°7 se différencie en 2 horizons selon la texture, la couleur et la consistance, le profil 17 n'est constitué que d'un horizon unique de 30 cm d'épaisseur. Le profil différencié est gris en surface comme le profil 17. Mais, à partir

de 10 cm, il devient brun-jaunâtre. La texture est sablo-limoneuse pour l'unique horizon du profil 17 ainsi que pour l'horizon supérieur du profil 7. Au delà de 10 cm (P 7), elle devient limono-argileuse. La structure est massive à faiblement polyédrique. Les agrégats sont assez homogènes. Ils sont fins, moyens et associés à de nombreux modificateurs texturaux (concrétions, gravillons ferrugineux). En surface, la consistance est variable (dure à tendre). Mais en profondeur, elle est dure.

Comme le précédent, ce sol n'a pas été échantillonné. La fertilité chimique peut cependant être considérée comme faible quand on se réfère aux analyses effectuées sur les autres profils (P 8 ; P 15 ; P 23 ; P 24). et aux travaux antérieurs du Bureau National des Sols (Rapports techniques N° 4 (1979) ; N° 21 (1980)) dans d'autres régions de notre pays.

2.2.1.3. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds

A / Caractères morphologiques

D'une profondeur de l'ordre du demi-mètre, ces sols couvrent une superficie de 2,8 ha, soit 18,7 % de la superficie totale du PAPEM. Ils comprennent les profils P 3 ; P 6 ; P 8 ; P 19 et P 27 et constituent l'unité cartographique II A3. Les trois premiers profils sont différenciés en trois horizons. Les deux autres n'en possèdent que deux chacun. Les critères permettant de distinguer les différents horizons sont la couleur, la texture, la structure et la cohésion des agrégats.

Ainsi, la texture est limono-sableuse dans les 20 premiers centimètres puis devient limono-argileuse au-delà. Elle est argileuse dans tout le profil 8. Les couleurs sont très diversifiées. Elles varient d'un profil à l'autre et d'un horizon à l'autre. L'apparition de gravillons ferrugineux et ferromanganeux se fait dès le premier horizon. La structure est massive à faiblement polyédrique en surface et faiblement à moyennement polyédrique en profondeur. Les agrégats sont fins, moyens et grossiers. Dans l'ensemble la porosité, estimée sur le terrain, est élevée. Les pores sont nombreux très fins, fins, moyens et larges. Les agrégats sont durs en surface. En profondeur, ils sont peu durs à tendre.

Description morphologique du profil N° 8

Date de description	28/12/83
Physiographie	plateau
Relief	quasi plat
Pente	quasi nulle
Erosion	en nappe
Perméabilité	modérément rapide
Drainage	imparfait
Ruissellement	non évident
Humidité	faible
Végétation	savane arbustive à <u>Balamites aegyptiaca</u>

- 0 - 20 cm Gris (10YR5/1) à l'état sec ; brun (10YR5/3) à l'état humide argileux, quelques concrétions ferromanganifères ; moyennement polyédrique subangulaire fin et moyen ; nombreux pores très fins, fins et larges ; dur à l'état sec ; racines très fines, fines et moyennes ; épandage de nodules calcaires en surface ; limite graduelle.
- 20 - 31 cm Gris (10YR5/1) à l'état sec ; gris (10YR5/1) à l'état humide argileux ; quelques concrétions ferromanganifères ; moyennement polyédrique subangulaire fin et moyen ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; tendre à l'état sec ; racines peu nombreuses très fines, fines et moyennes ; limite graduelle.
- 31 - 48 cm Gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état sec ; brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état humide ; argileux ; concrétions ferromanganifères ; moyennement polyédrique subangulaire fin ; nombreux pores très fins, fins et larges ; dur à l'état sec ; racines rares très fines ; limite graduelle.
- 48 cm + Cuirasse.

B / Propriétés analytiques : P 8

Dans cette unité, un seul profil a été échantillonné. Les résultats analytiques (tableau V) indiquent ce qui suit :

1. Granulométrie

La figure N°¹⁰ et le tableau V montrent une accumulation d'argile au niveau du 2^e horizon. Ainsi, les teneurs passent de 40 % en surface à 58,5 % dans le 2^e horizon. En profondeur, le taux d'argile est de 56,4 %. Le tableau V et la figure N°¹⁰ montrent en outre la prédominance des limons grossiers sur les limons fins à travers le profil. Le pourcentage des limons fins est inférieur à 7 % dans le profil tandis que les limons grossiers se situent au-delà de 10 %. Pour les sables, les éléments fins (diamètre compris entre 50 μ et 200 μ) sont les plus abondants. Leur taux diminue avec la profondeur. Il passe ainsi de 19,9 % à 14,1 %. Les sables grossiers (compris entre 200 μ et 2000 μ) passent également de 15,3 % à 8,2 %. Cette dernière valeur se situe dans le 2^e horizon.

2. Caractéristiques hydriques

Les humidités aux PF (2,5 ; 3,0 ; 4,2) augmentent régulièrement avec la profondeur. Ainsi du premier au troisième horizon, les humidités au PF 2,5 et au PF 3,0 passent respectivement de 20,2 %, 23,8 % à 26,2 % et de 14,0 % ; 17,3 % à 20,3 %. L'humidité au PF 4,2 de 10,0 % dans le premier horizon, atteint 14,6 % et 16,3 % dans les 2 derniers horizons.

Cette augmentation est sans doute liée au taux d'argile élevé en profondeur. En effet, les argiles ont un pouvoir de rétention en eau plus élevé que les autres éléments granulométriques (BOULET 1976 ; GAUCHER 1968).

Cependant les teneurs en eau utile sont faibles. Elles varient de 40 mm à 2,7 mm. Cette dernière valeur caractérise le 2^e horizon. L'eau disponible calculée pour les 50 premiers centimètres est de 29,35 mm et la réserve facilement utilisable (R.F.U.) de 21,01 mm. Cette valeur correspond à une fréquence d'irrigation de 4 jours.

3. Caractéristiques chimiques

- La matière organique

Le taux de matière organique diminue avec la profondeur. Il est de

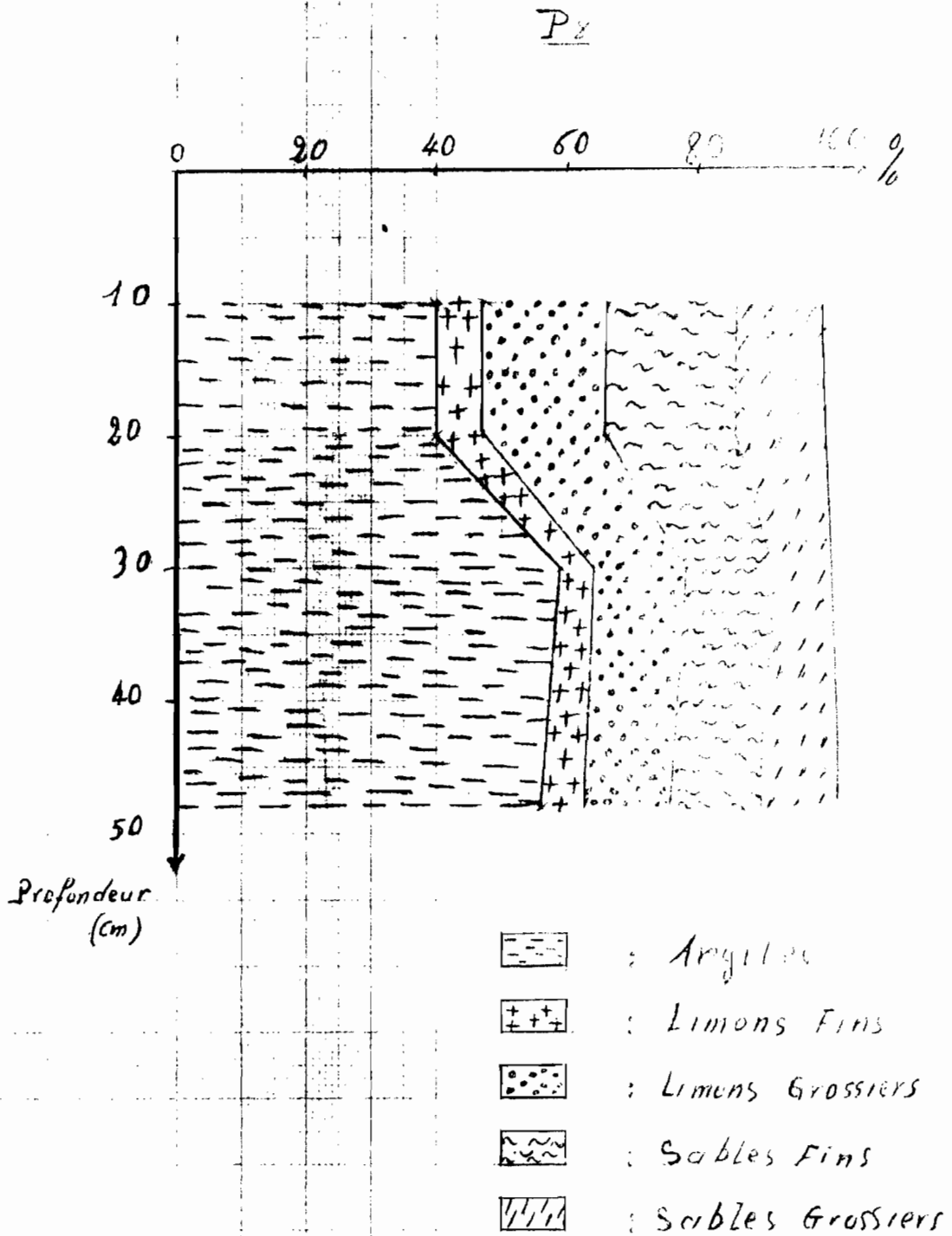
RESULTATS ANALYTIQUES

Tableau N° VI
Profil N° 8
Nom du sol Sol ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds

<u>Profondeur (cm)</u>	0-20	30-31	31-48
<u>Analyse mécanique</u>			
Humidité %	1,2	2,7	2,6
Argile %	40,0	58,5	56,4
Limon fin %	6,8	5,7	6,9
Limon grossier %	18,0	13,5	13,9
Sable fin %	19,9	14,1	14,1
Sable grossier	15,3	8,2	8,7
<u>Matière organique</u>			
Matière organique totale %	1,61	0,90	0,87
Carbone total %	0,94	0,52	0,50
Azote total ⁰ / ₁₀₀	0,53	0,29	0,31
C/N	17,7	17,9	16,1
<u>Phosphore</u>			
Phosphore total ppm P	203	136	143
Phosphore assimilable ppm	7,4	2,6	2,20
<u>Potassium</u>			
Potassium total %	0,24	0,34	0,31
Potassium disponible ppm	212,44	172,52	168,22
<u>Bases échangeables (mé/100g)</u>			
Calcium (Ca++)	9,03	10,1	17,42
Magnésium (Mg++)	1,91	2,09	1,16
Potassium (K+)	0,51	0,29	0,28
Sodium (Na+)	0,09	0,07	0,18
Somme des bases échangeables (S)	11,54	12,55	19,04
C. E. C. (T)	14,08	18,94	18,82
Taux de saturation (V= S/T %)	81	66	101
<u>Acidité</u>			
pH H ₂ O	6,9	6,4	7,8
pH Kcl	6,2	5,4	7,0

<u>Caractéristiques physiques</u>			
pF 2,5 %	20,2	23,8	26,2
pF 3,0 %	14,0	17,3	20,3
pF 4,2 %	10,0	14,6	16,6
Eau capillaire (pF 2,5 - pF 4,2).....	10,2	6,5	9,6
Eau utile (pF 3,0 - pF 4,2).....	4,0	2,7	3,7

Fig. N° 10 : Variation du Pourcentage des
éléments Granulométriques en
Fonction de la Profondeur



l'ordre de 16,1 % en surface et de 8,7 %, à la base. Ces taux sont qualifiés de faibles (compris entre 10 % et 20 %) en surface et très faibles (moins de 10 %) en profondeur.

Le rapport C/N est très élevé en surface (31,0 et 19,0) et élevé en profondeur (15,8 et 15,7).

Ces fortes valeurs peuvent être attribuées à la nature graminéenne et ligneuse de la végétation. En effet, les graminées et les ligneux sont riches en lignine, matériau difficilement décomposable (soltner 1977). Elles corroborent aussi celles obtenues par PALLO (1982) sur des sols semblables. Ces sols, dans les horizons supérieurs, sont souvent caractérisés par une abondance de matériaux légers, d'humine héritée et d'acides humiques, gris notamment. Ceci influence la teneur en carbone du sol.

- L'azote

Le sol en est pauvre en surface (inférieur à 1,0 %) et très pauvre en profondeur (< 0,5 %). Le rapport N/P, supérieur à 2 dans tout le profil (varie de 2,6 à 2,1), n'indique pas de carence.

- Le phosphore

Le sol est très pauvre en phosphore total. Les teneurs sont inférieures à 0,5 % dans tout le profil. De même les teneurs en P_2O_5 assimilable sont très faibles (< 0,03 %). Le rapport N/P, supérieur à 2 pour l'ensemble des horizons, montre bien que le sol a une carence en phosphore.

- Le potassium

Le potassium total augmente avec la profondeur. Le taux passe de 0,24 % dans le premier horizon à 0,31 % dans le 3^e. Dans le 2^e horizon, ce taux est de 0,34 %. Quant au potassium disponible, les teneurs diminuent de 212,44 ppm en surface à 168,22 ppm en profondeur.

Le rapport K/T est de 3,6 dans le 3^e horizon. Ce qui traduit de faibles besoins en potassium. En revanche, dans le reste du profil, les besoins en sont élevés (K/T compris entre 1 et 2).

- Le pH

Le pH est neutre en surface (pH = 6,9), modérément acide dans le 2^e horizon (pH = 6,4) et légèrement alcalin (pH = 7,8) dans le dernier.

- Le complexe absorbant

* La somme des bases échangeables (S)

La somme des bases échangeables est élevée dans les premiers horizons (11,54 et 12,55) et très élevée en profondeur (19,04). Ces teneurs sont assez voisines de celles de la capacité d'échange cationique (T). Ces dernières sont respectivement, de haut en bas du profil, de 14,08 méq, 18,94 méq et 18,92.

L'ion dominant est le calcium puis vient le magnésium. Le sodium est le moins abondant.

* Le taux de saturation (V)

Les taux de saturation sont élevés en surface, il est de 81 % et de 66 % dans la partie médiane du profil. En profondeur, le complexe absorbant est saturé (101 %), notamment en Ca⁺⁺. En effet, le calcium représente 92,6 % de la capacité d'échange dans le dernier horizon. Les valeurs de V corroborent assez bien les pH. Ceci confirme les résultats déjà obtenus par Cys (1961). Cet auteur a constaté qu'aux pH supérieurs à 5,8, les taux de saturation sont en général élevés (V supérieur à 50 %).

4. Les réserves minérales

Les réserves minérales calculées pour les 20 premiers centimètres sont les suivantes en tonne (t) par hectare.

- Matière organique	54,74	t/ha
- Azote total	1,80	t/ha
- Phosphore total	0,69	t/ha
- Potassium échangeable	0,68	t/ha

Ces réserves n'indiquent pas nécessairement le niveau de fertilité du sol. En effet, les différents éléments, notamment, l'azote et le phosphore, peuvent être présents dans le sol sans être disponibles pour les végétaux.

En conclusion, il convient de noter, pour ces sols, la carence en phosphore, la déficience en potassium, le faible taux d'azote et de matière organique. A ces mauvaises propriétés chimiques, s'ajoutent des propriétés physiques (porosité, perméabilité, mauvaise structure) médiocres.

2.2.1.4. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
(carapace) profonds.

Ces sols constituent l'unité cartographique II A 4. Ils regroupent 4 profils (P 5 ; P 9 ; P 28 et P 29). Leur superficie totale est de 2,4 ha soit 16,0 % de la superficie totale du PAPEM.

L'épaisseur moyenne (78 cm) montre que ces sols sont profonds. L'ensemble des profils qui compassent cette unité comportent chacun trois (3) horizons. En surface, les sols sont gris à l'état sec et gris-foncés à l'état humide. Les horizons médians sont bruns-pâles ou bruns très pâles. La texture limono-argileuse dans les horizons médians, devient sablo-limoneuse dans le 1er et 3e horizon. Les concrétions ferromanganeuses et ferrugineuses apparaissent parfois dès le premier horizon (P 5 et P 6). Dans les autres profils, ils sont observés après 20 cm de profondeur. La structure est massive à faiblement polyédrique en surface. Elle est faiblement à moyennement polyédrique dans les horizons profonds. Les agrégats sont fins, moyens et grossiers. Ils sont durs à tendres en surface. En profondeur, ils sont peu durs à tendres. Ceci traduit une dégradation de la consistance.

La porosité diminue avec la profondeur.

Sur le plan chimique, à l'instar des trois premiers sols (unités cartographiques 1 ; IIA1 ; IIA2) Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds n'ont pas été analysés au laboratoire. Leurs propriétés chimiques peuvent être considérées comme médiocres. En effet, les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés du PAPEM présentent dans l'ensemble des mauvaises propriétés chimiques. Les rapports techniques N°4 (1979) et N°21 (1980) du B.N.S. indiquent également un faible niveau de fertilité chimique pour ces sols.

2.2.2. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions

Ce sont les sols de l'unité cartographique II B. Ils occupent la moitié de la superficie du PAPEM soit 7,5 ha. 14 profils ont été observés dans cette unité.

A / Caractères morphologiques

Dans l'ensemble les profils sont profonds. (1 mètre environ). Les horizons sont bien différenciés. Les critères de distinction sont essentiellement la couleur, la texture et la structure.

Ainsi, à l'état sec, les horizons de surface sont gris à bruns-grisâtres tandis que les horizons médians sont jaunes à bruns (bruns-foncé ; brun-pâle). En profondeur, les colorations sont si diversifiées qu'il devient difficile de dégager un caractère commun. En effet, les couleurs varient d'un profil à l'autre. A l'état humide, la diversité des couleurs est encore plus grande. Les taches ainsi que les concrétions, justifiant l'appartenance de ces sols au sous-groupe, apparaissent dès le 2^e horizon. La texture varie peu d'un profil à l'autre. Elle est limono-sableuse à sablo-limoneuse en surface et devient limono-argileuse en profondeur. La structure est massive à faiblement polyédrique en surface, polyédrique subangulaire faiblement à moyennement développée en profondeur.

La porosité est assez élevée mais diminue avec la profondeur. Cette diminution s'explique par la réduction du nombre de pores. Ainsi, ces pores sont très fins et fins en profondeur. En surface, ils sont très fins, fins, moyens et larges. Cette diminution rend le drainage imparfait et la perméabilité modérément lente. Les agrégats, peu durs, sont parfois tendres. La consistance varie d'un profil à l'autre et également de la surface à la base des profils.

Description morphologique du profil N° 15

Date de description	29/12/83
Physiographie	plateau
Relief	quasi plat
Pente	quasi nulle (0 - 1 %)
Erosion	non évidente
Perméabilité	modérément lente
Drainage	imparfait
Nappe	au delà de 117 cm
Humidité	sec
Végétation	tapis herbacé dense à <u>Loudetia togoensis</u>

- 0 - 27 cm Gris (10YR5/1) à l'état sec ; brun grisâtre très foncé (10YR3/2) à l'état humide ; limon argileux ; massif ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec activité biologique bien marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite distincte
- 27 - 39 cm Brun-jaunâtre (10YR5/6) à l'état sec ; brun jaunâtre foncé (10YR4/4) à l'état humide ; argileux ; moyennement polyédrique / subangulaire / moyen et grossier, tendre à l'état sec ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; activité biologique bien marquée racines assez nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite distincte.
- 30 - 60 cm Brun très pâle (10YR7/4) à l'état sec ; brun clair (7,5 YR6/4) à l'état humide ; argileux, très nombreuses concrétions ferrugineuses plus de nombreuses taches rouges-ocres (7,5YR6/8) à l'état sec et brunes très foncées (7,5YR5/6) à l'état humide moyennement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec ; activité biologique moyennement marquée ; racines peu nombreuses très fines et fines ; limite graduelle.
- 60 - 109 cm Blanc orangé (7,5YR8/2) à l'état sec ; orangé (7,5YR7/4) à l'état humide ; argileux ; nombreuses concrétions ferromanganifères plus taches rougeâtres (2,5YR5/4) à l'état sec et rouges (2,5YR5/6) à l'état humide ; moyennement polyédrique subangulaire fins et moyens ; peu nombreux pores très fins et fins ; dur à l'état sec ; racines rares très fines.

B / Propriétés analytiques

Compte tenu de la grande extension de ces sols, deux profils (P 15 et P 23) ont été prélevés et analysés au laboratoire. Les résultats montrent ce qui suit :

1. Profil N° 15

1.1. Granulométrie

L'analyse granulométrique montre une prédominance des sables en surface (43,9 % de sables pour 27 % de limons et 29,1 % d'argile). Entre le 1er et le 2e horizon, le taux d'argile varie du simple (29,1 %) au double (58,1 %). Ce taux décroît légèrement en profondeur (54,4 %). Cette caractéristique, mise en évidence par la figure N°11, indique l'existence d'un processus de lessivage. (indice de lessivage voisin de $\frac{1}{2}$.) Le taux de limon diminue avec la profondeur. Il est de 28 % dans le premier horizon et environ 19 % dans le reste du profil. Les limons grossiers sont les plus abondants (fig N°11).

La tendance générale des sables est à la diminution (43,9 % à 23,7 %). Les sables fins sont dominants dans les 39 premiers centimètres. En profondeur, les taux de sables fins et grossiers sont voisins (Tableau N° VII).

1.2. Caractéristiques hydriques

L'humidité au pF 2,5 augmente régulièrement de 15,6 % , 20,6 % à 24,0 % dans les trois premiers horizons. Elle est faible en profondeur (17,9 %). Les pF 3,0 et pF 4,2 évoluent en dents de scie. Les minima sont situés dans les 1er et 3e horizon. D'une manière générale, l'évolution de l'humidité aux différents pF, en fonction de la profondeur, est parallèle à celle de la fraction argileuse.

L'eau utile est faible pour chacun des horizons. L'eau disponible calculée pour les 50 premiers centimètres est de 34,18 mm et la R.F.U. n'est que de 25,64 mm. Ce qui correspond à une fréquence d'irrigation de 5 jours.

1.3. Caractéristiques chimiques

- Matière organique

Les teneurs en matière organique sont faibles en surface (17,1 ‰) et très faibles en profondeur (13,7 ‰).

RESULTATS ANALYTIQUES

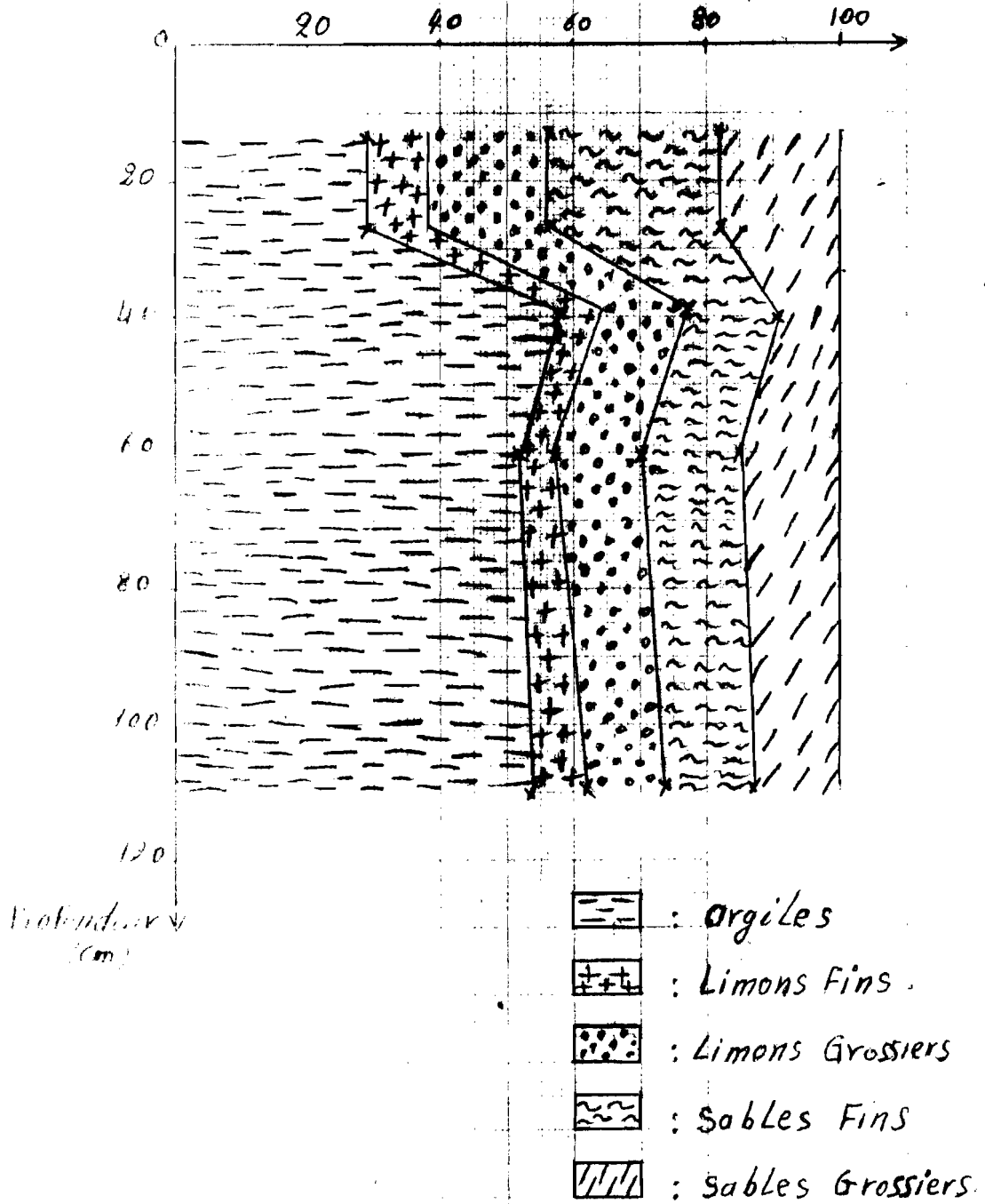
Tableau N° VII
Profil N° 15
Nom du sol Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés à taches et concrétions

<u>Profondeur (cm)</u>	0-27	27-39	39-60	60-109
<u>Analyse mécanique</u>				
Humidité %	1,1	2,4	1,5	2,2
Argile %	29,1	58,1	51,8	54,4
Limon fin %	9,1	5,6	5,6	7,2
Limon grossier %	17,9	13,2	13,1	11,6
Sable fin %	25,8	14,10	14,8	13,3
Sable grossier %	18,1	9,0	14,7	13,5
<u>Matière organique</u>				
Matière organique totale %	1,71	0,98	0,51	0,37
Carbone total %	0,99	0,57	0,30	0,22
Azote total $\frac{\%}{100}$	0,31	0,30	0,19	0,14
C/N	31,9	19,0	15,8	15,7
<u>Phosphore</u>				
Phosphore total ppm P	192	131	114	88
Phosphore assimilable ppm P	0,80	3,70	0,29	0,29
<u>Potassium</u>				
Potassium total %	0,30	0,24	0,28	0,32
Potassium disponible ppm	107,20	69,62	48,74	36,78
<u>Bases échangeables (méq/100g)</u>				
Calcium (Ca ⁺⁺)	2,02	1,63	1,63	1,94
Magnésium (Mg ⁺⁺)	1,08	0,91	0,95	1,08
Potassium (K ⁺)	0,21	0,16	0,16	0,16
Sodium (Na ⁺)	0,10	0,15	0,09	0,12
Somme des bases échangeables (S)	3,41	2,85	2,83	3,30
C. E. C. (T)	6,78	10,24	8,83	9,22
Taux de saturation (V = S/T %)	50	28	32	36

<u>Acidité</u>				
pH H ₂ O	5,8	5,5	5,5	5,6
pH Kcl	4,3	3,8	3,9	4,1
<u>Caractéristiques physiques</u>				
pF 2,5 %	15,6	20,6	24,0	17,9
pF 3,0 %	9,1	17,4	13,7	15,6
pF 4,2 %	4,6	12,7	11,6	12,9
Eau capillaire (pF 2,5 - pF 4,4)	11	7,9	12,4	5
Eau utile (pF 3,0 - pF 4,2)	4,5	4,7	2,1	2,7

Fig. N° 11 Variations du Pourcentage des
Elements Granulométriques en
Fonction de la Profondeur

P 15



Les valeurs du rapport C/N sont très élevés en surface (31,9) et élevés dans le reste du profil ; elles varient de 19,0 à 15,7 du 3^e au 4^e horizon. Ces fortes valeurs peuvent être attribuées à la nature de la matière organique et au caractère acide du milieu (pH varie de 5,5 à 5,8).

Le milieu étant acide, seule la microflore acidophile est active. Mais, cette flore a une action lente et inefficace sur la matière organique qui a tendance à s'accumuler. (SOLTNER 1977).

Toutefois à ces deux conditions (nature ligneuse de la végétation et acidité du milieu) peut s'ajouter la présence d'humine hérité.

- Azote total

Les teneurs en azote décroissent avec la profondeur. Elles passent de 0,31 % dans le premier horizon à 0,14 % dans le dernier. Ces teneurs indiquent que le sol est très pauvre en azote. Les rapports N/P sont de 1,6 ; 1,7 et 1,6 dans les premier, troisième et quatrième horizons. Ce qui indique une carence en azote ($N/P < 2$). Il n'y a pas de carence dans le 2^e horizon. N/P y est égal à 2,3.

- Phosphore

Le sol est très pauvre en phosphore. Le P_2O_5 total décroît avec la profondeur de 192 ppm dans le 2^e horizon à 88 ppm dans le 4^e horizon. Le phosphore assimilable présente un ventre dans le 2^e horizon (3,7 ppm). En effet, les teneurs sont respectivement de 0,8 ppm dans le 1^{er} horizon et de 0,29 ppm dans les 2 derniers.

Le rapport N/P, égal à 2,3 dans le 2^e horizon, indique une carence en phosphore.

- Le potassium

Le taux de potassium total baisse dans le deuxième horizon (0,24 %) avant de croître avec la profondeur. Les besoins en potassium sont faibles dans l'horizon supérieur ($K/T = 3,0$) et élevés dans le reste du profil ($K/T < 2$). En effet, le rapport varie de 1,5 à 1,7 du 2^e au 4^e horizon.

- Le pH

Le pH est moyennement acide en surface et à la base du profil. Il est fortement acide dans la partie médiane. L'acidité d'échange (pH eau - pHKCl)

oscille entre 1,5 et 1,7 ; ce qui, selon SOLTNER (1977) indique une forte acidité d'échange.

- Le complexe absorbant

* la somme des bases échangeables (S)

S est faible dans l'ensemble du profil. L'ion dominant demeure encore le calcium (59,24 % de S dans le premier horizon, 57,2 % dans le 2e, 57,6 % dans le 3e et 58,8 % dans le 4e). Ces teneurs sont suivies par le Mg⁺⁺. Celui-ci constitue de 31,7 % à 33,6 % de S.

Le rapport Mg/K varie de 5,1 à 6,7 du premier au 4e horizon. Ce qui n'indique pas de carence en magnésium.

Le sodium est le moins abondant. Quant au potassium, sa teneur est de 0,21 méq dans le premier horizon. Elle se stabilise à 0,16 méq à partir du 2e horizon.

* Le taux de saturation

Les taux de saturation sont moyens (50 %) dans les 27 premiers centimètres ; au-delà, ils sont faibles (28 % à 36 %). Les faibles valeurs enregistrées semblent être bien en rapport avec les pH. En effet, CYS (1961) indique que les pH inférieurs à 5,8 caractérisent des échantillons dont le taux de saturation du complexe absorbant est inférieur à 50 %.

1.4. Les réserves minérales

Ces réserves ont été calculées pour les 20 premiers centimètres en tonne par hectare. Les résultats sont les suivants :

Matière organique	58,14 t/ha
Azote total	1,05 t/ha
P ₂ O ₅ total	0,65 t/ha
K ₂ O échangeable	0,28 t/ha

2. Profil N° 23

2.1. Granulométrie

Comme le profil N°15, le profil N°23 est caractérisé par une forte accumulation d'argile dans le 2^e horizon. La teneur y est égale au double (58,7 %) de celle de l'horizon de surface (26,6%). La figure N°¹² montre que le pourcentage de sable et de limons diminue d'une façon irrégulière au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Dans le profil, les limons grossiers et les sables fins sont respectivement plus abondants que les limons fins et les sables grossiers.

2.2. Caractéristiques hydriques

L'évolution de l'humidité aux différents pF (2,5 ; 3,0 ; 4,2) s'effectue dans le même sens que celle du taux d'argile. L'eau capillaire et l'eau utile sont faibles. Elles diminuent également du sommet à la base du profil. Ainsi, l'eau capillaire passe de 11,4 mm dans l'horizon de surface à 3,0 mm dans le 4^e horizon. L'eau utile varie dans le même sens. Elle est de 2,4 mm dans le premier horizon et devient 1,5 en profondeur. La réserve utile pour les 50 premiers centimètres est de 34,18 mm et la R.F.U. de 25,24 mm. Ceci équivaut à une fréquence d'irrigation de 5 jours. Cette valeur rejoint celle du profil précédent.

2.3. Propriétés chimiques

- La matière organique

Le taux de matière organique diminue avec la profondeur. Il est de 19,3‰ en surface et 2,5‰ en profondeur. Comparativement au profil précédent (P 15), les teneurs en matière organique sont plus faibles dans les horizons profonds.

Le rapport C/N est très élevé en surface (C/N = 30,3). Cette valeur est à mettre en relation avec les considérations déjà soulignées au niveau des profils 8 et 15. Pour les horizons profonds, ce rapport est compris entre 14 et 17. Ce qui indique que la matière organique est mieux décomposée qu'en surface. Le taux d'humine hérité pourrait y être aussi plus faible qu'en surface.

- Azote total

Dans l'horizon supérieur, la teneur est inférieure à 0,5‰; elle

RESULTATS ANALYTIQUES

Tableau N° VIII

Profil N° 23

Nom du sol Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés à taches et concrétions

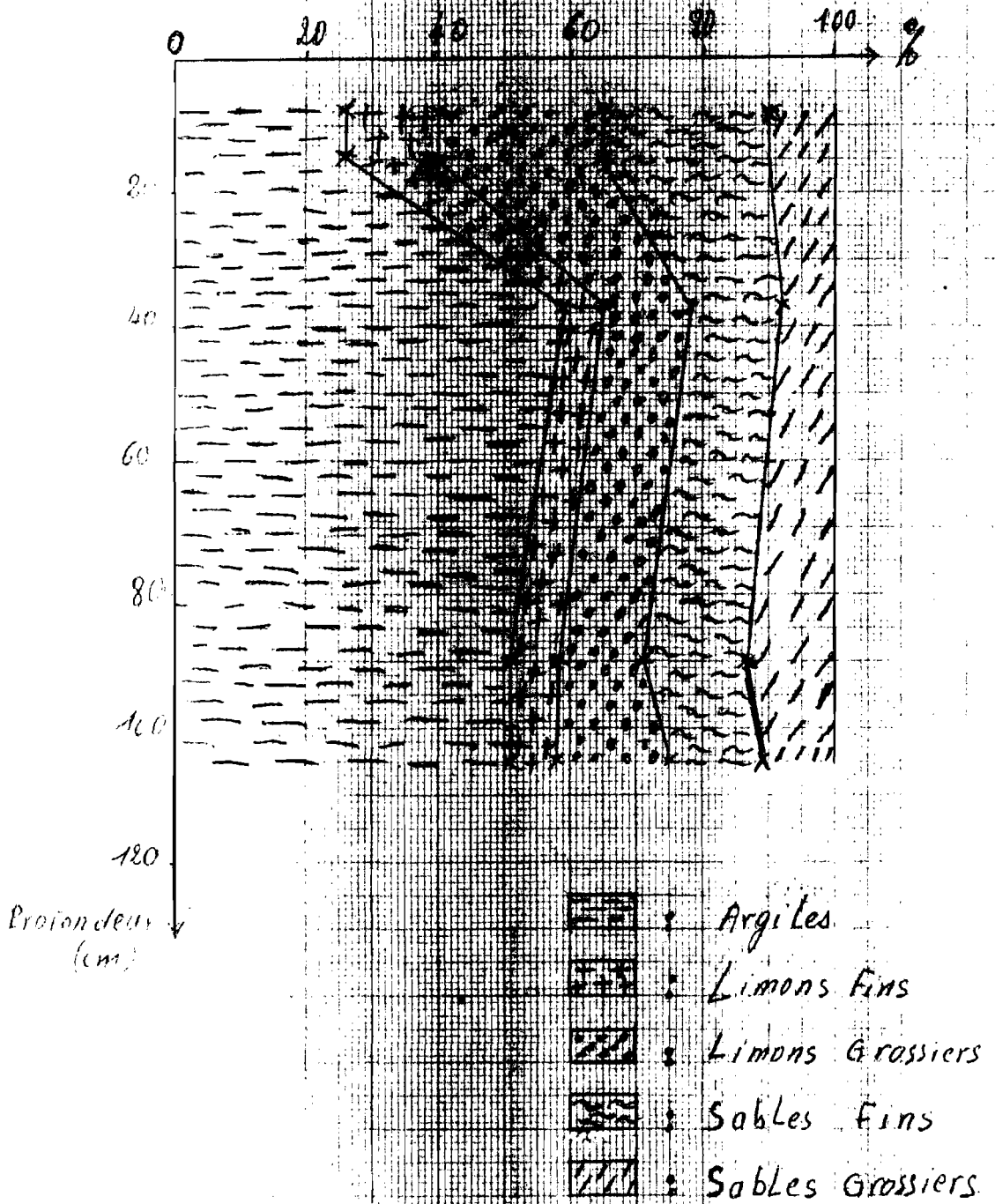
<u>Profondeur (cm)</u>	0 - 15	15 - 37	37-90	90-105
<u>Analyse mécanique</u>				
Humidité %	1,4	2,6	1,2	1,8
Argile %	26,6	58,7	51,10	50,9
Limon fin %	13,70	6,2	6,60	6,8
Limon grossier %	24,6	13,0	13,20	17,5
Sable fin %	25,10	13,7	15,50	14,1
Sable grossier %	10,00	8,4	13,6	10,7
<u>Matière organique</u>				
Matière organique totale %	1,93	0,59	0,36	0,25
Carbone total %	1,12	0,34	0,21	0,15
Azote total %	0,37	0,25	0,15	0,09
C/N	30,3	13,6	14,0	16,7
<u>Phosphore</u>				
Phosphore total ppm P	175	127	127	90
Phosphore assimilable ppm P.....	1,60	0,37	0,22	0,44
<u>Potassium</u>				
Potassium total %	0,29	0,31	0,32	0,33
Potassium disponible pp.m.....	174,44	75,93	70,83	95,74
<u>Bases échangeables (méq/100g)</u>				
Calcium (Ca++)	2,97	2,11	1,63	2,32
Magnésium (Mg++).....	1,40	1,02	0,92	1,02
Potassium (K+).....	0,18	0,13	0,19	0,16
Sodium (Na+)	0,13	0,21	0,19	0,22
Somme des bases échangeables (S)	4,68	3,47	2,93	3,72
C. E. C. (T)	10,11	11,00	9,86	12,30
Taux de saturation (V = S/T %)	46	32	30	30

<u>Acidité</u>				
pH H ₂ O	6,3	5,7	5,5	5,6
pH Kcl	4,8	4,2	3,9	3,9
<u>Caractéristiques physiques</u>				
pF 2,5 %	20,4	20,0	18,5	18,5
pF 3,0 %	11,4	17,5	15,0	15,0
pF 4,2 %	9,0	15,3	13,3	13,5
Eau capillaire (pF 2,5 - pF 4,2)	11,4	4,7	5,2	3,0
Eau utile (pF 3,0 - pF 4,2)	2,4	2,2	1,7	1,5

Fig. 12

Variation du pourcentage des
Eléments granulométriques en
Fonction de la profondeur

P 23



décroit avec la profondeur. Le sol en est donc très pauvre. Cependant la carence en azote n'est manifeste qu'au-delà de 40 cm. ($N/P < 2$).

- Le phosphore

Le P_{25} assimilable varie de 1,6 ppm à 0,44 ppm du 1er au 4è horizon. Comme le profil précédent, le sol est très pauvre en phosphore total (175 ppm en surface et 90 ppm en profondeur). Mais le rapport N/P est bon pour les deux derniers horizons (N/P égale 1,2 et 1,0). Les deux premiers horizons sont carencés en phosphore. En effet le rapport N/P varie entre 2,1 et 2,0.

- Le potassium

Le potassium total augmente avec la profondeur. (0,29 % en surface et 0,33 % dans le 4è horizon). Par contre le potassium disponible décroît du premier au troisième horizon. Le troisième horizon montre une légère augmentation (95 ppm).

Le rapport K/T, compris entre 1 et 2, révèle des besoins élevés en potassium dans tout le profil.

- Le pH

Le pH est faiblement à moyennement acide. (compris entre 5,6 et 6,3). Il est parfois fortement acide (cas du 3è horizon où le pH est égal à 5,5). L'acidité d'échange est également élevée. (1,5 à 1,7).

- Le complexe absorbant

* Les bases échangeables

La somme des bases échangeables (S) est encore faible dans l'ensemble du profil. L'ion dominant est toujours le calcium. Il représente 63,4 % de S dans le premier horizon, 60 % dans le 2e, 55,6 % dans le 3è et passe à 62,2 % dans le 4e.

L'inégalité $Ca^{++} > Mg^{++} > K^+ > Na^+$ de l'horizon supérieur, devient $Ca^{++} > Mg^{++} > Na^+ > K^+$ à partir du 2e horizon. Ceci laisse penser à une retrogradation possible du potassium échangeable en profondeur.

* Le taux de saturation

Le taux de saturation diminue du sommet à la base du profil de 46 % à 30 %. Il est moyen en surface (46 %) et très faible après (compris entre 30 et 40).

2.4. Les réserves minérales

Ces réserves sont déterminées pour les 20 premiers centimètres du sol. Les teneurs sont les suivants :

Matière organique	54,22 t/ha
Azote total	1,66 t/ha
Phosphore total	0,55 t/ha
Potassium échangeable	0,16 t/ha

CONCLUSION

Généralement profonds, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions possèdent cependant des propriétés physiques (porosité réduite, perméabilité lente) médiocres. Leur structure est massive et les réserves hydriques sont faibles.

En outre, la discontinuité texturale dans les différents profils ralentit le drainage sans toutefois provoquer une hydromorphie véritable. Ils sont modérément acides ou très acides et présentent une double carence en azote et en phosphore et une déficience en potassium. Leurs teneurs en matière organique sont généralement faible (inférieur à 2 %).

2.2.3. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley

Ces sols constituent l'unité cartographique II C. Leur superficie est très réduite : 0,4 ha soit 2,7 % du PAPEM. Un seul profil (P 24) y a été observé.

A/ Caractères morphologiques

Le profil 24 représentant ces sols a une profondeur de plus d'un mètre. Il comporte 4 horizons qui se distinguent les uns des autres par la couleur, la texture et la structure.

Dans les 33 premiers centimètres, la coloration à l'état sec, est brun-jaunâtre-claire. Le 3e horizon est gris-brunâtre tandis que la base du profil est gris-claire. A l'état humide, les couleurs sont diversifiées : brun-jaunâtre-claire en surface, brune et jaunâtre-claire dans la partie médiane et gris-claire à la base. La texture argilo-sableuse en surface, argileuse dans les horizons médians (2e et 3e), devient limono-argileuse en profondeur. La structure se dégrade avec la profondeur. De moyennement polyédrique dans l'horizon de surface, elle devient faiblement polyédrique dans le 2e horizon et massive à faiblement polyédrique dans les derniers horizons.

Cette dégradation peut s'expliquer par la composition granulométrique. La complexation des sables et des argiles en présence de matière organique a conduit à une structure moyennement polyédrique en surface. Dans la zone médiane, moins riche en matière organique, les argiles ont donné la structure faiblement développée. L'association de l'argile et des limons explique la structure massive.

La porosité est caractérisée par la diminution graduelle du nombre et de la taille des pores. Ainsi, dans ces sols, s'observent à la fois une discontinuité texturale et structurale et une diminution de la porosité au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Il s'en suit un drainage imparfait et un ralentissement de la perméabilité. Ce qui est à l'origine de l'hydromorphie qui se manifeste par des taches.

Les agrégats sont tendres dans les 2 premiers horizons. Ce qui permet de penser que le sol oppose peu de résistance à l'effort de traction. En revanche, en profondeur, ils sont durs.

Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley

Profil N° 24

Date de description	29/12/83
Physiographie	
Relief	faiblement ondulé
Erosion	non évidente
Perméabilité	moyennement lente
Drainage	Imparfait
Nappe	au-delà de 111 cm
Humidité	sec
Végétation	tapis herbacé dense à <u>Loudetia togoensis</u>

0 - 12 cm Brun-jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec ; brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état humide ; argile sableuse ; quelques gravillons ferromanganifères. ; plus taches jaunes-rougeâtres (7,5YR6/6) à l'état sec et bruns foncées (7,5YR5/6) à l'état humide ; moyennement polyédrique subangulaire moyen ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; tendre à l'état sec ; activité biologique assez bien marquée ; nombreuses racines très fines, fines, moyennes et grossières ; limite graduelle.

12 - 33 cm Brun-jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec ; brun (10YR5/4) à l'état humide ; argileux ; quelques gravillons ferromanganifères plus taches brunes foncées (7,5YR5/6) à l'état sec et brunes foncées (7,5YR4/4) à l'état humide ; faiblement polyédrique fin ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; tendre à l'état sec ; activité biologique assez bien marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines et moyennes ; limite graduelle.

33 - 67 cm Gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état sec jaunâtre (10YR5/6) à l'état humide ; argileux ; gravillons ferromanganeuses plus taches brunes foncées (7,5YR5/8) à l'état sec et brunes foncées (7,5YR5/6) à l'état humide ; faiblement polyédrique subangulaire moyen ; nombreux pores fins et moyens ; dur à l'état sec ; activité biologique faiblement marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines et grossières ; limite graduelle.

67 - 111 cm

Gris clair (10YR7/2) à l'état sec ; gris clair (10YR7/1) à l'état humide ; limon-argileux ; gravillons ferromangani-
fères plus taches brunes foncées (7,5YR5/8) à l'état sec ;
et brunes foncées (7,5YR5/6) à l'état humide ; massif à fai-
blement polyédrique subangulaire fin ; nombreux pores fins,
dur à l'état sec ; activité biologique peu visible.

B / Propriétés analytiques

1. Granulométrie

L'argile, la fraction granulométrique dominante, présente un ventre plus épais (35 cm) que la plupart des profils observés jusque-là. (figure N°14). Cette même figure montre que le taux des limons varie en sens inverse de celui des argiles. Le pourcentage des sables est assez constant à partir de 33 cm. La figure N° 4 et le tableau IX montrent une dominance des limons grossiers sur les limons fins. Les taux de sables grossiers et de sables fins sont assez voisins.

2. Caractéristiques hydriques

L'eau utile est très faible. Elle passe de 5,1 mm à 1,9 mm au fur et à mesure que l'on descend. Cette diminution est liée aux valeurs du pF_{4,2} qui paraissent assez faibles par rapport à celles du pF_{3,0}. Les teneurs en eau au pF_{4,2} augmente aussi avec la profondeur. Elles passent ainsi de 11,4 dans le premier horizon à 13,8 dans le 4^e. Le pourcentage d'humidité aux deux autres pF (2,5 ; 3,0) ont des minima dans le 2^e horizon (pF_{2,5}) et dans le 3^e (pF_{3,0}).

La réserve utile en eau est de 31,5 mm et la R.F.U. de 23,63 mm. Ce qui correspond à une possibilité d'irrigation de 5 jours.

3. Propriétés chimiques

- La matière organique

Comme les profils précédents, le taux de matière organique est faible (14,1%) en surface et très faible (moins de 10%) en profondeur.

Le rapport C/N est élevé en surface (22,8) et moyen dans le reste du profil (14,5 à 12,7). Là encore, la matière organique nous semble être mieux transformée en profondeur qu'en surface. Son évolution en humine héritée serait également faible.

- Azote total

Le taux d'azote est très faible (moins de 0,5 %) dans tout le profil. Il décroît avec la profondeur. Toutefois, il n'y a carence qu'à partir du 2^e horizon (N/P < 2).

RESULTATS ANALYTIQUES

Tableau N° IX

Profil N° 24

Nom du sol Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley

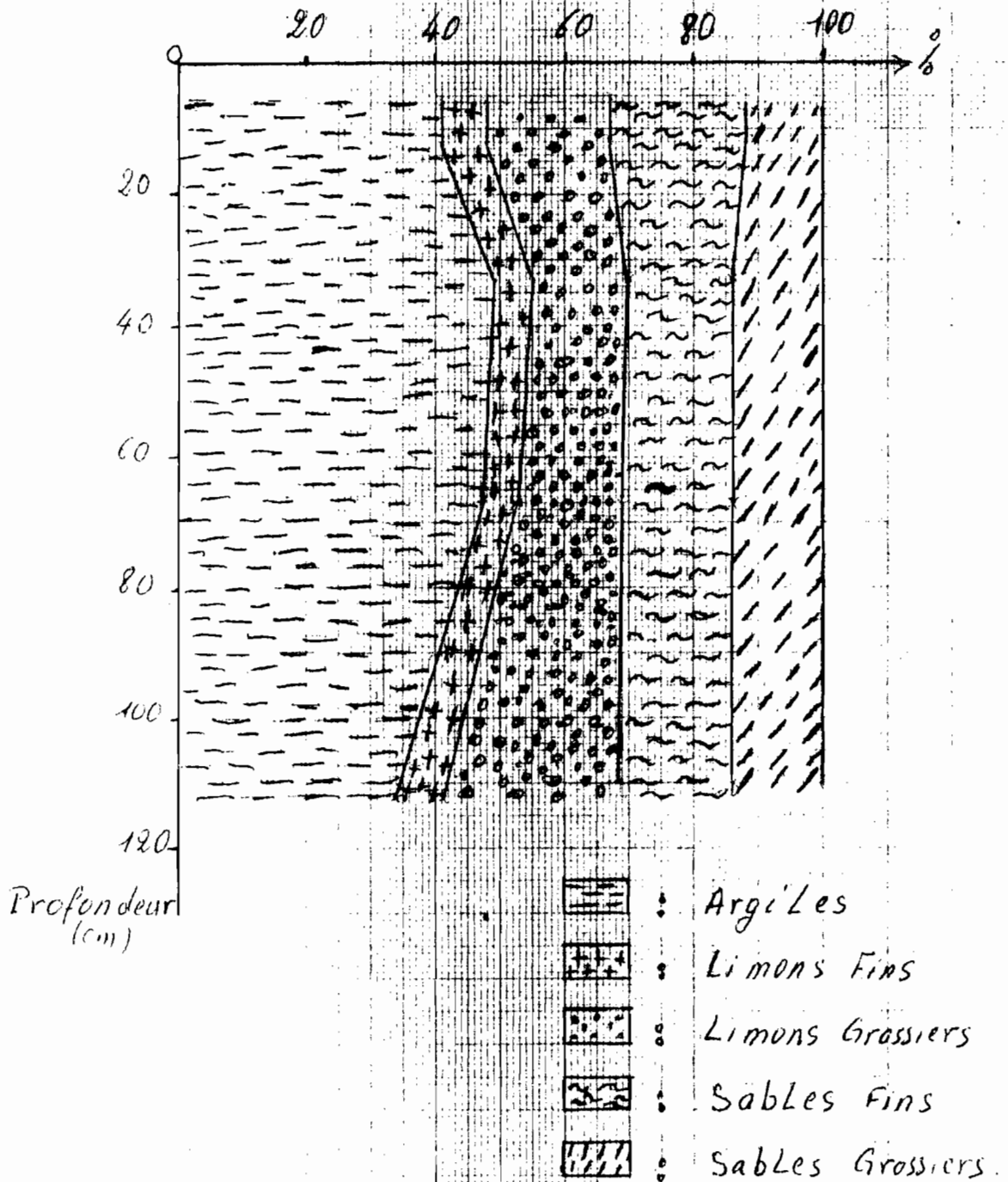
<u>Profondeur (cm)</u>	0 - 12	12-33	33-67	67-111
<u>Analyse mécanique</u>				
Argile %.....	40,7	49,2	47,3	33,5
Limon fin %.....	7,4	5,8	5,3	7,2
Limon grossier %	18,6	15,2	15,6	27,8
Sable fin %	19,2	15,8	16,8	17,4
Sable grossiers %	14,1	14,00	15,00	14,1
Humidité %	1,7	2,0	3,9	3,9
<u>Matière organique</u>				
Matière organique totale %	1,41	0,49	0,40	0,24
Carbone total %	0,82	0,29	0,23	0,14
Azote total %	0,36	0,20	0,16	0,11
C/N	22,8	14,5	14,4	12,7
<u>Phosphore</u>				
Phosphore total ppm P	150	137	138	110
Phosphore assimilable ppm P.....	0,51	0,37	0,33	0,07
<u>Potassium</u>				
Potassium total %	0,33	0,30	0,33	0,33
Potassium disponible	124,0	69,40	62,33	41,56
<u>Bases échangeables (méq/100g)</u>				
Calcium (Ca++)	2,67	1,94	2,49	2,92
Magnésium (Mg++)	1,07	1,13	1,37	1,34
Potassium (K+).....	0,15	0,19	0,15	0,11
Sodium (Na+).....	0,19	0,18	0,24	0,11
Somme des bases échangeables (S).....	4,08	3,44	4,25	4,78
C. E. C. (T)	10,11	9,47	9,60	10,88
Taux de saturation (V = S/T %)	40	36	44	49

<u>Acidité</u>				
pH H ₂ O	5,3	5,3	5,4	6,0
pH Kcl	3,8	3,6	3,8	4,4
<u>Caractéristiques physiques</u>				
pF 2,5 %	20,0	20,4	21,7	24,6
pF 3,0 %	16,5	15,3	14,9	15,7
pF 4,2 %	11,4	11,9	12,6	13,8
Eau capillaire (pF 2,5 - pF 4,2)	10,6	8,5	9,1	10,8
Eau utile (pF 3,0 - pF 4,2)	5,1	3,4	2,3	1,9

Fig N° 13

Variation du Pourcentage des
Elements Granulométriques en
Fonction de la Profondeur

P 24



- Le phosphore

Les teneurs en phosphore sont faibles. Elles varient, en fonction de la profondeur, de 150 ppm à 110 ppm pour le phosphore total. Les teneurs en phosphore assimilable diminuent de 0,51 ppm en surface à 0,07 ppm dans le dernier horizon.

La valeur du rapport N/P, égale à 2,4 dans l'horizon supérieur, indiquent une carence en phosphore.

- potassium

Les taux de potassium total sont assez stables. Ils sont compris entre 0,30 % et 0,33 %. Par contre le potassium disponible passe de 124,0 ppm à 41,56 ppm de la surface vers la profondeur.

Le rapport K/T, compris entre 1 et 2, fait apparaître des besoins élevés en potassium dans les trois premiers horizons. En effet, ces valeurs sont respectivement de 1,4 ; 2,0 et 1,5. Le rapport est égal à 1,0 dans le 4e horizon. Il s'agit donc d'une carence en potassium.

- Le pH

Les pH sont fortement acides (5,3 à 5,4) dans les 3 premiers horizons et moyennement acides (6,0) dans le 4e.

- Le complexe absorbant

* Les bases échangeables

La somme des bases échangeables (S) est encore faible. Sa tendance générale est à l'augmentation en fonction de la profondeur. Ainsi ces valeurs passent de 4,08 méq dans les 12 premiers centimètres à 4,78 méq à la base du profil. Sa valeur est de 3,44 méq dans le second. Le cation dominant demeure toujours le Ca⁺⁺, suivi du le Mg⁺⁺. Le rapport Mg/K, variant entre 2 et 20, montre qu'il n'y a ni déficience ni carence en Mg.

* Le taux de saturation

Les taux de saturation sont moyens dans tout le profil (40 % à 49 %), excepté le 2e horizon où il est de 36 %. Le complexe est donc désaturé. Ce que révèle les pH.

Conclusion

Comme les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes sont profonds. Ils ont

également des propriétés physiques médiocres et une fertilité chimique caractérisée par une carence en phosphore, en azote et en potassium. En revanche, ce sous-groupe de sols ferrugineux tropicaux se distingue de celui à taches et concrétions par des caractères d'hydromorphie (pseudogley) qui se manifestent dès l'horizon supérieur. Ces caractères s'accroissent avec la profondeur.

2.3. Les sols hydromorphes

2.3.1. Définition

Ce sont des sols dont l'évolution est dominée par l'effet d'excès d'eau temporaire ou permanente dans l'ensemble du profil. Cet excès peut être dû à la remontée de la nappe phréatique ou au manque d'infiltration des eaux pluviales.

Suivant la teneur en matière organique et l'hydromorphie, la classe se subdivise comme suit :

- sous-classe des sols hydromorphes organiques. La matière organique de type tourbe a une forte teneur ($> 20\%$) sur au moins 40 cm du profil.
- Sous-classe des sols hydromorphes moyennement organiques où la matière organique est de type ammor ($C/N < 20$) ou hydromor (C/N élevé > 20).
- Sous-classe des sols hydromorphes minéraux ou peu humifères.

Ceux rencontrés sur le PAPEM de Bogandé appartiennent aux sols hydromorphes peu humifères. Cette sous-classe possède en général une teneur en matière organique inférieure à 4,5 %. L'hydromorphie s'exprime par des caractères de couleur (taches de composés oxydés ou réduits) ou par la redistribution d'éléments solubilisables (oxydes de fer ou de manganèse).

La sous-classe comporte 6 groupes dont :

- les sols hydromorphes peu humifères à gley
- les sols hydromorphes peu humifères à stagnogley
- les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley

C'est au dernier groupe qu'appartiennent les sols hydromorphes du PAPEM. Ces sols présentent un horizon de pseudogley caractérisé par une alternance de taches ou de bandes grisâtres, ocres et /ou par des concrétions. Dans ces sols, l'hydromorphie est temporaire et partielle. Elle est due au manque d'infiltration des eaux pluviales.

2.3.2. Les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley

Ces sols sont représentés pour le profil P 1. Ils ont une extension réduite. La superficie est de 0,20 ha soit 1,2 % de la superficie totale du

PAPEM. Ils sont représentés par l'unité cartographique III.

Le profil, profond (> 1 m), comporte 4 horizons qui diffèrent par la couleur et la structure. Ainsi, il est gris-brunâtre clair dans les 33 premiers centimètres, gris foncé dans le 3^e horizon et seulement gris dans le 4^e. La texture est limono-argileuse dans tout le profil. La structure, moyennement polyédrique dans les 2 premiers horizons et le 4^e, est faiblement polyédrique dans le 3^e. Les agrégats sont grossiers dans le premier. A partir du 2^e horizon, ils sont moyens et grossiers.

La porosité est assez élevée. Elle se caractérise par la diminution en profondeur du nombre de pores et de leur taille. Cette diminution est à l'origine de l'engorgement qui explique l'hydromorphie. Le sol est dur sur toute sa profondeur. Ce caractère, associé au taux d'argile, laisse penser que ce sol est difficile à travailler.

Sur le plan de la fertilité chimique, ce sol n'a pas été échantillonné. Cependant, les travaux effectués par le B.N.S. (Rapports techniques N°8 (1979) ; N° 13 (1979) ; N° 6 (1979) ; N° 24 (1981) ; N° 29 (1982)) montrent que les sols hydromorphes possèdent généralement d'assez bonnes propriétés chimiques.

Classe des sols hydromorphes

Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley

Profil N° 1

Date de description	28/12/83
Physiographie	légère dépression
Relief	faiblement ondulé
Substratum	alluvions
Pente	quasi nulle (0-1 %)
Erosion	non évidente
Perméabilité	modérément lente
Drainage	imparfait
Nappe	au-delà de 113 cm
Végétation	Tapis herbacé à <u>Shoenefeldia gracilis</u> <u>Loudetia togoensis</u> ; présence de <u>Pilos-</u> <u>tigma reticulata</u>

- 0 - 13 cm Gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état sec ; gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide ; limon argileux ; fines taches brunâtres plus quelques gravillons ferrugineux ; moyennement polyédrique subangulaire grossier ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines peu nombreuses très fines fines ; limite distincte.
- 13 - 39 cm Gris brunâtre clair (10YR6/2) à l'état sec ; gris (10YR5/1) à l'état humide ; limon argileux ; gravillons ferrugineux plus débris de poteries ; moyennement polyédrique subangulaire grossier et moyen ; assez nombreux pores très fins, fins ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines peu nombreuses très fines et fines ; limite graduelle.
- 38 - 66 cm Gris foncé (10YR4/1) à l'état sec ; brun grisâtre très foncé (10YR3/2) à l'état humide ; limon argileux ; quelques gravillons ferrugineux ; faiblement polyédrique subangulaire grossier et moyen ; peu nombreux pores très fins, fins ; dur à l'état sec ; quelques poches de coprolites ; racines peu nombreuses très fines et fines ; limite graduelle.

66 - 113 cm

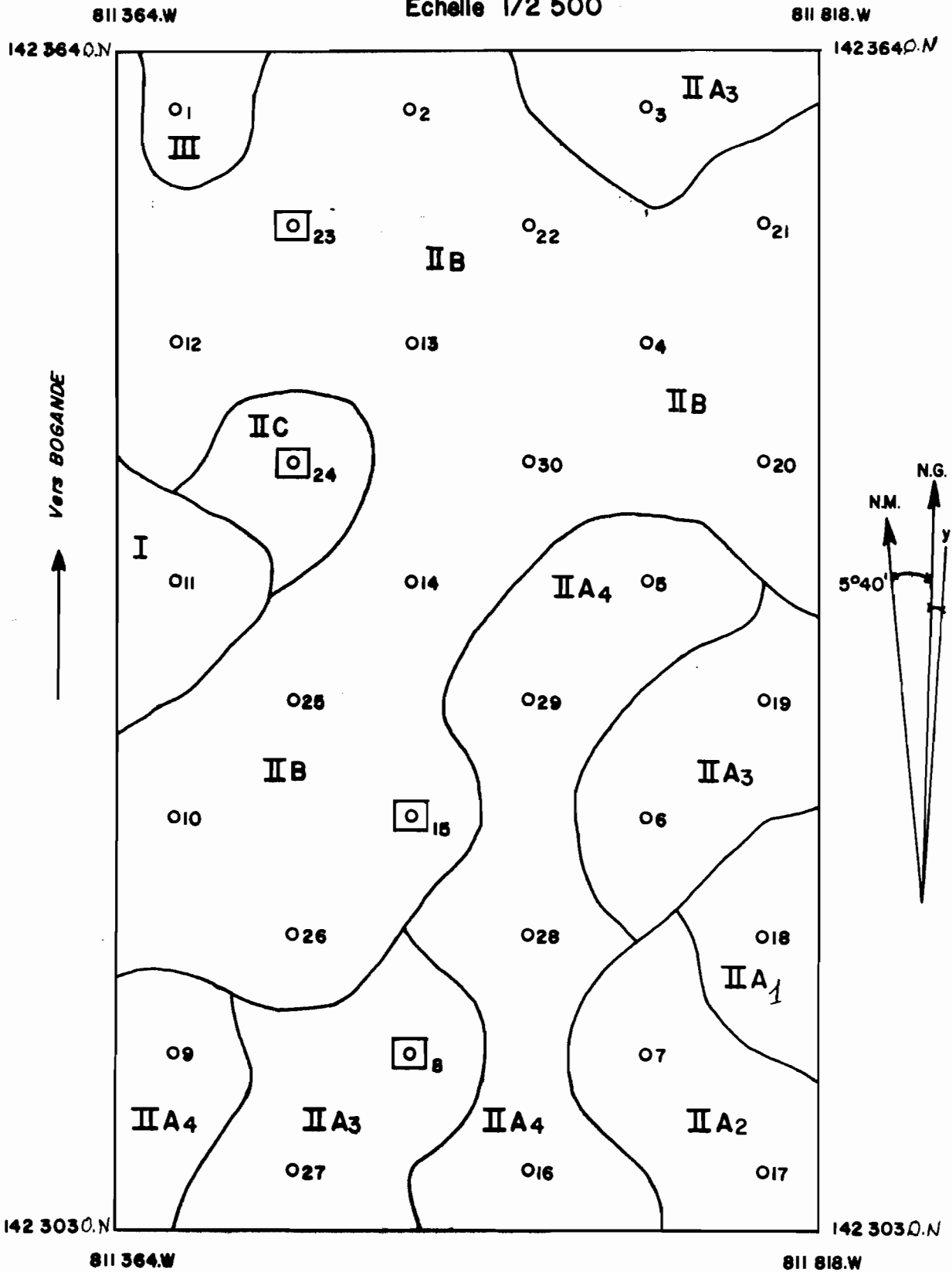
Gris (10YR5/3) à l'état sec ; brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide ; limon argileux ; quelques gravillons ferrugineux plus taches ocres ; moyennement polyédrique moyen et grossier ; peu nombreux pores très fins et fins ; dur à l'état sec ; racines peu nombreuses très fines et fines.

Figure n° 14

74

CARTE PEDOLOGIQUE DU P.A.P.E.M

Echelle 1/2 500



Vers PIELA

- ~ Limites des unités de sols
 - ₃ Emplacements des profils
 - ₈ Profils échantillonnés
- Les chiffres indiquent les numéros des profils

LEGENDE

CARTE PEDOLOGIQUE DU P.A.P.E.M.
DE BOGANDE

CLASSE	UNITE CARTOGRAPHIQUE	NOM DU SOL	SUPERFICIE	
			ha	%
<i>I</i> Sols brunifiés	<i>I</i>	Sols bruns eutrophes tropicaux ferruginisés	0,4	2,7
<i>II</i> Sols à sesquioxides de fer et de manga- nèse	<i>II A</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés	6,5	43,4
	<i>II A1</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels	0,4	2,7
	<i>II A2</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds	0,9	6,0
	<i>II A3</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds	2,8	18,7
	<i>II A4</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds	2,4	16,0
	<i>II B</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions	7,5	5,0
	<i>II C</i>	Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphe à pseudogley	0,4	2,7
<i>III</i> Sols hydromorphes	<i>III</i>	Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley	0,2	1,2

3. Conclusion

L'étude du PAPEM de Bogandé a révélé l'existence de trois classes de sol :

- les sols brunifiés
- les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse
- les sols hydromorphes.

Ces sols sont inégalement répartis. En effet, les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse, avec plusieurs sous-unités (sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés ; ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes) s'avèrent être les plus répandus (96,1 % de la superficie totale du PAPEM).

Compte tenu de la faible étendue de certaines unités (sols brunifiés, sols hydromorphes) ou de la présence de certaines contraintes pédologiques importantes (carapace ou cuirasse à faible profondeur), toutes les unités de sols n'ont pas fait l'objet d'analyse de laboratoire. Cependant les 4 profils échantillonnés et analysés au laboratoire du B.N.S. révèlent la médiocrité des propriétés chimiques (pH acide, carence en éléments nutritifs ...etc) de ces sols. En outre, leurs caractéristiques physiques sont également médiocres (faible réserve hydrique, structure massive réduisant l'aération).

La diversité des sols, essentiellement due aux conditions physiques du milieu (hydromorphie) et à la manifestation d'une induration (cuirasse ou carapace) à plus ou moins faible profondeur imposent aux différents sols des aptitudes culturales différentes. Il convient donc de voir quel peut être le degré de fertilité de chacun de ces sols et leurs différentes affections possibles.

III - LES APTITUDES CULTURALES

Introduction

L'objectif principal de l'étude pédologique du PAPEM est la détermination des potentialités agronomiques. Le chapitre précédent a permis de mettre en évidence les caractères morphologiques et les propriétés physico-chimiques des différents types de sol rencontrés. Il a aussi permis de dégager les contraintes pédologiques susceptibles d'influencer leurs aptitudes culturales.

Les contraintes généralement retenues par le B.N.S. dans la définition des aptitudes culturales sont : la profondeur utile, le taux de gravillonnement, les affleurements rocheux, la texture, la pente et le pH. Dans le cadre de la présente étude, il nous a paru utile d'élargir ces critères. Ainsi nous avons tenu compte du régime hydrique et de la fertilité chimique du sol. Toutefois, l'importance de chacune de ces contraintes est fonction du type de culture envisagée, les plantes n'ayant pas toujours les mêmes exigences écologiques.

Avant de donner les différentes classes d'aptitudes culturales des sols, il importe de définir succinctement les différentes contraintes énumérées ci-dessus

3.1. Définition des contraintes pédologiques retenues par le B.N.S.

3.1.1. La profondeur

La profondeur utile est l'épaisseur de la terre meuble, exploitable par les racines. La limitation de cette profondeur est souvent due à la présence d'un obstacle (carapace, cuirasse, roche-mère ... etc). Ce critère est important dans la fertilité. En effet, le sol doit posséder une épaisseur suffisante pour permettre l'implantation et le développement des racines.

GOUCHER (1968) souligne par ailleurs que le sol doit être continu sur toute sa profondeur utile. Indispensables et fragiles, les racines doivent éviter les crevasses et les poches d'air qui les exposent aux intempéries, à la dessiccation et aux meurtrissures.

3.1.2. La texture

La texture joue un double rôle dans le sol. Elle intervient à la fois sur les propriétés chimiques et sur les caractères physiques.

Du point de vue chimique, l'argile constitue avec la matière organique les principaux supports des cations échangeables (BOULET 1976). La capacité d'échange du sol est en liaison étroite avec le taux d'argile mais également avec la nature de celle-ci. Les matériaux très sableux et les éléments grossiers ont une très faible capacité d'absorption d'ions (GAUCHER 1968).

Sur les propriétés physiques, la texture intervient dans la structure, l'aération, la perméabilité, la résistance au travail et la pénétration des racines. D'autre part, elle intervient dans le régime hydrique du sol et détermine ainsi son pouvoir de stockage de l'eau. WAIDI (1981) a montré que l'humidité au pF 2,0 moyen (capacité de rétention) et au pF 4,2 moyen (point de flétrissement) sont proportionnelles aux taux d'argile. Cette proportionnalité s'exprime par les relations suivantes :

$$\text{pF } 2,0 \text{ moy} = 0,29 A + 21,09$$

$$\text{pF } 4,2 \text{ moy} = 0,62 A - 2,13$$

A = taux d'argile

3.1.3. L'hydromorphie

Les sols inondés en permanence sont asphyxiants pour les cultures sèches. La fertilité est limitée par le caractère réducteur du milieu. L'azote reste le plus souvent sous forme ammoniacale (NH_4^+), difficilement absorbable par certains végétaux : mil, sorgho, maïs.

3.1.4. Les affleurements rocheux

Il s'agit de la présence à la surface ou à faible profondeur du sol de la carapace, la cuirasse ou de la roche-mère. Cette situation est inconvenante pour les cultures : diminution de la terre arable, obstacle mécanique au développement racinaire.

3.1.5. Le taux de gravillonnement

Le gravillonnement désigne la présence au sein du profil d'éléments grossiers pouvant gêner les plantes et les travaux d'aménagements (gravillons, graviers, concrétions, cailloux, débris de cuirasse ou de carapace). Un taux de 50 % de ces éléments en volume de sol est une limite négative pour le développement des racines de certains végétaux (B.N.S. rapport technique N° 23 (1981)). Ce taux limite aussi la capacité de rétention en eau et diminue la capacité nutritive du sol.

3.1.6. La pente

La pente, définie par le B.N.S. (Rapport technique N° 23 (1981)), est l'inclinaison d'une surface donnée par rapport à un plan horizontal. Lorsque la pente est forte, elle constitue un facteur limitant important pour la mise en culture du sol. Il rend difficile la préparation du sol (motorisation) et favorise l'érosion.

3.1.7. Le pH

La réaction du sol est une caractéristique importante de la fertilité. Selon RASSEL (in Moreau 1967) la réaction du sol agit généralement par effet secondaire en déterminant des troubles de nutriments.

SOLTNER (1977) indique qu'aux pH inférieurs à 6, les éléments tels que le phosphore, le potassium, l'azote, le calcium et le magnésium sont absorbés difficilement. Dans ces mêmes conditions, les oxydes métalliques (fer, manganèse, cuivre, ...etc) devenus de plus en plus solubles, provoquent des toxicités.

Aux pH alcalins, l'excès du calcium entraîne l'immobilisation de divers éléments. Ainsi le phosphore peut cristalliser à l'état de phosphate tricalcique ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) insoluble. Ces mêmes phénomènes peuvent affecter le fer, le manganèse et le bore.

3.1.8. Le régime hydrique

L'eau est un facteur primordial de la vie des plantes. Elle intervient pour 75 à 90 % dans le poids des végétaux frais (KENDA 1981) et est indispensable à la solubilisation et au transport des éléments nutritifs. Par conséquent, le sol doit être capable de constituer des réserves d'eau utilisable permettant au végétal de supporter les périodes de sécheresse.

3.1.9. La fertilité chimique

Le sol joue un double rôle de support et de pourvoyeur de la plante. En effet, après l'implantation des végétaux, le sol est chargé d'assurer sa nutrition. Il doit donc pouvoir contenir tous les éléments indispensables à sa croissance et à son développement. Ces éléments doivent figurer sous leur forme assimilable et dans un équilibre tel que les carences et les phénomènes de toxicités soient écartés.

3.2. Les classes d'aptitudes culturales

Au niveau du périmètre étudié, 3 classes d'aptitude culturale ont été retenus en fonction des critères précédents. Elles sont désignées par des signes conventionnels adoptés par le B.N.S. Ces différentes classes sont :

S ₂	Classe des sols assez convenables à la culture
S ₃	Classe des sols peu convenables à la culture
U	Classe des sols inaptes à la culture

3.2.1. La classe des sols assez convenables (S₂)

Cette classe regroupe l'ensemble des sols qui ne présentent pas de contraintes morphologiques majeures. Elle comprend les sols des unités cartographiques I ; IIb ; IIA⁴ et IIA³. Ces sols ont été classés en 4 sous-classes d'aptitude culturale représentées par les symboles S₂a ; S₂b ; S₂c et S₂d.

3.2.1.1. S₂a : les sols bruns eutrophes ferruginisés

Ils sont constitués par l'unité cartographique I. Ces sols n'ont pas de contrainte morphologique majeure. En effet, ils sont profonds, sans hydromorphie, exempts de tout gravillonnement. De même la pente est faible. Les concrétions ne figurent qu'au-delà de 17 cm. Leur texture, dans l'ensemble, peut permettre au sol de constituer des réserves en éléments nutritifs et en eau.

Comme signalé au chapitre II, ces sols n'ont pas fait l'objet d'analyse au laboratoire. Toutefois, les études réalisées par BARRO (1981) à Sabouna, celles effectuées par le B.N.S. (Rapport technique N° 17 (1979), N° 8 (1979)) et par BOULET (1976) permettent de penser qu'ils sont chimiquement riches. Cependant, leur extension reste très faible au niveau du périmètre.

Ces sols peuvent être destinés à diverses cultures dont le sorgho, le mil, l'arachide, le maïs, le coton, le niébé et le sésame. Ces cultures ont des caractéristiques agronomiques différentes ; celles-ci sont résumées dans le tableau IX.

Tableau IX : Caractéristiques de quelques types de cultures

(Barro 1981)

Cultures	Exigences relatives des cultures								
	Eau	Sols bien drainés	Profondeur	Texture	pH	Cations échangeables	N	P	Na
Mais	très exigeant	assez exigeant	> 1 m	moyenne assez fine	un peu acide	très exigeant e	très exigeant	exigence particul.	moyennement tolérant
Sorgho	exigeant	assez exigeant	> 1 m	moyenne assez fine	faiblement acide	exigeant	très exigeant	-	résistant
Mil	peu exigeant	exigeant	indifférent	très légère (sablon-argileuse)	indifférent	exigeant quand le cycle vég. est court	-	-	-
Niébé	peu exigeant	exigeant	environ 50 cm	très légère	-	peu exigeant	-	-	très sensible
Arachide	peu exigeant	exigeant	environ 50 cm	très légère	variable	peu exigeant	peu exigeant	peu exigeant	très sensible
Sésame	peu exigeant	exigeant	environ 50 cm	-	-	très exigeant	-	-	-
Riz	très exigeant	assez exigeant	> 1 m	fine 40 % d'argile	un peu acide de opt 6-7	assez exigeant	très exigeant	-	résistant 1% maximum
Coton	exigeant	peu exigeant	> 1 m	moyenne et sol meuble	un peu acide	-	exigence particul.	exigence particul.	très résistant

3.2.1.2. S₂b : les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions

Ce sont les sols de l'unité cartographique IIb. Ils n'ont pas de contraintes morphologiques majeures. Ils sont généralement profonds. La pente est quasi nulle. Le taux de gravillonnement est aussi faible (5 à 15 %) tandis que la texture est suffisamment fine. Sur ces sols on observe pas de traces d'hydromorphie.

Toutefois, les propriétés physiques sont médiocres (porosité réduite, aération mal assurée, perméabilité modérément lente). Ces propriétés imputables à la structure massive des sols, peuvent être améliorées par l'application de techniques culturales adéquates. (Labour suivi d'un apport de matière organique). L'amélioration de ces propriétés aura une influence positive sur les réserves hydriques présentement faibles. En effet, l'augmentation de la perméabilité limitera le ruissellement. L'apport de matière organique contribuera à augmenter le pouvoir de rétention en eau, cette dernière ayant un pouvoir de rétention supérieur aux argiles.

Sur le plan de la fertilité chimique, les carences en azote, en phosphore, les déficiences en potassium et l'acidité caractérisent le degré de fertilité actuelle de ces sols. Les taux de saturation sont aussi assez bas, témoignant de la pauvreté du complexe absorbant en bases échangeables.

Vis à vis des contraintes morphologiques, les cultures précédemment citées peuvent être recommandées. Toutefois elles n'auront un épanouissement maximal qu'après l'amélioration du sol. Ainsi, les contraintes physiques peuvent être levées par un labour profond, assorti d'un apport de matière organique. Ces opérations permettront au sol d'acquérir une bonne structure (structure grumeleuse). La lutte contre les carences et les déficiences procéderont à l'apport de fumure N.P.K. équilibrée. L'acidité du milieu peut être améliorée par le chaulage.

3.2.1.3. S_{2c} Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds

Représentés par l'unité cartographique IIA⁴, ces sols, comme les précédents, n'ont pas de contraintes morphologiques majeures, l'induration étant située généralement au-delà de 60 cm de profondeur. De ce point de vue ils conviennent aux céréales.

Cependant, ils ont sans doute, à l'instar des autres sols lessivés indurés, un faible pouvoir de rétention en eau. Ceci est imputable à leurs propriétés physiques médiocres et à leur faible teneur en matière organique. Par ailleurs, comme il a été signalé dans la monographie des sols, ces sols n'ont pas été échantillonnés. En regard aux résultats généralement obtenus sur des sols identiques, il y a lieu de penser que leur fertilité chimique est faible.

Leur amélioration, notamment les propriétés physiques, relève des techniques culturales (labour, amendement organique ...etc). Le labour devra intervenir après les premières pluies. Ceci réduirait l'effort de traction.

Ces sols peuvent également être affectés aux cultures précédentes. Toutefois, l'apparition fréquente de la carapace à partir de 78 cm, peut être un handicap à la culture cotonnière. Il convient de noter que le pivot de cette espèce nécessite un sol meuble de plus d'un mètre.

3.2.1.4. S₂d : Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
moyennement profonds

Ils appartiennent à l'unité cartographique IIA3. Leur profondeur, limitée par la carapace ou par la cuirasse (environ 50 cm d'épaisseur) permet seulement l'implantation des végétaux à système racinaire moyennement profonds. En outre, cette faible profondeur réduit le volume de sol prospecté par les racines. La structure, massive, réduit l'infiltration et l'aération. Elle diminue ainsi la capacité de réserve en eau et ce, malgré la texture fine (argile).

En revanche, les autres facteurs pédologiques sont convenables : pente très peu prononcée, faible taux de gravillonnement, absence d'hydromorphie et d'affleurement rocheux.

Quant à la fertilité chimique, elle demeure médiocre : carence en phosphore, déficience en potassium, faible taux de matière organique et d'azote.

Cependant le complexe absorbant possède de bonnes caractéristiques. Les taux de saturation sont élevés. Toutefois cette saturation est essentiellement lié au taux élevé du calcium, réduisant ainsi sa qualité nutritive.

Ces différentes considérations indiquent que les sols de cette unité doivent être destinés à des cultures à système racinaire peu profond. Parmi celles-ci, citons le mil, le sorgho, le maïs et l'arachide.

Conclusion

La classe des sols assez convenables (S₂) couvrent une superficie de 13,10 ha soit 87,40 % du PAPEM.

Ces sols peuvent être affectés à différentes cultures, mais, du fait de certaines contraintes d'ordre physiques (structure massive, présence parfois de carapace ou de cuirasse) et chimiques (acidité, carence ou déficience en éléments chimiques), ils requièrent l'application de techniques culturales appropriées (fumure, labour, amendement).

3.2.2. S₃ : La classe des sols peu convenables

Cette classe comprend les sols qui font apparaître une contrainte pédologique majeure qui ne peut être corrigée ou difficilement par des techniques culturales. Elle comporte les unités cartographiques IIA2, IIC et III, et se subdivise en 3 sous-classes en fonction des aptitudes décroissantes. Ce sont :

- S₃a Les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley (IIC).
- S₃b Les sols hydromorphes peu humifères (III).
- S₃c Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds (IIA2).

3.2.2.1. S₃a : Les sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley

L'utilisation de ces sols pour les cultures sèches est limitée par l'excès d'eau. En outre la structure faiblement polyédrique à partir de 12 cm de profondeur et la très faible réserve en eau utile, constituent leurs contraintes pédologiques majeures.

Sur le plan de la fertilité chimique, les besoins exprimés en éléments minéraux, notamment en azote, en phosphore et en potassium indiquent la nécessité de la fumure N.P.K. tandis que les faibles valeurs du pH et la désaturation du complexe commandent une reconstitution des réserves minérales.

Du point de vue de leur utilisation, seules les cultures qui présentent une assez bonne résistance à l'hydromorphie temporaire telles que le maïs, le sorgho ou le mil (O.R.S.T.O.M. 1970) peuvent convenir.

3.2.2.2. S₃b : Les sols hydromorphes peu humifères

Constitués par l'unité cartographique III, ces sols sont peu étendus. L'aptitude de ces sols est limitée par l'excès d'eau, plus prononcé que précédemment.

Au niveau des caractères chimiques, aucune analyse n'a été réalisée sur ces sols. Toutefois, des travaux antérieurs (B.N.S. : Rapports techniques N°8 (1979) BOULET (1976) ; BARRO (1981) ; WAIDI (1981)) montrent que les sols hydromorphes présentent le plus souvent une assez bonne fertilité chimique.

Compte tenu de la pauvreté générale des sols du PAEEM, un apport d'éléments fertilisants peut être utile.

Au total, ces sols sont sans contraintes pour la riziculture ; mais pour les cultures sèches (sorgho, mil, maïs, arachides) l'hydromorphie peut jouer un rôle néfaste.

Par ailleurs, le travail du sol devra également tenir compte de la période d'inondation. Il évitera les périodes trop sèches (consistance dure) ou gorgées d'eau (collant).

3.2.2.3. S₃c : Les sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds

Ici, la contrainte majeure est la faible profondeur utile : 35 cm environ. L'obstacle à la pénétration et au développement racinaire, provient soit de la carapace, soit de la cuirasse. Le volume de terre prospectable est par conséquent, très réduit. En outre, ils présentent un taux de gravillonnement assez élevé ; ceci réduit également le volume de terre et la réserve en eau utile.

Les propriétés physiques sont médiocres. En effet, la structure massive réduit la porosité en surface.

Ces sols présentent donc de faibles aptitudes culturales. Ils peuvent cependant être affectés aux cultures à système racinaire peu profond notamment l'arachide.

Conclusion

La classe d'aptitudes culturales (S₃) est constituée de 3 sous-classes en fonction de l'importance des contraintes. Ces sols ont une extension assez réduite : 1,5 ha soit 10,0 % de la superficie totale du PAEEM.

Les sols de cette unité nécessitent surtout un choix judicieux des cultures qui tiennent compte de l'importance et de la nature des contraintes observées.

3.2.3. U : Les sols inaptes à la culture

Ce sont les sols , ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels de l'unité cartographique IIA1. La superficie totale est de 0,4 ha soit 2,7 % du PAPEM.

Leur utilisation est rendue impossible par la présence superficielle de la cuirasse ou de la carapace. En outre le taux de gravillonnement est important. Ces gravillons, en rendant le sol filtrant, en limite la capacité à constituer des réserves d'eau. Ils peuvent constituer un obstacle mécanique au développement des racines.

Conclusion

Le PAPEM de Bogandé est, dans l'ensemble, favorables aux cultures. En effet, plus de 95 % de la superficie totale est occupée par les sols assez convenables (S_2) et peu convenables (S_3).

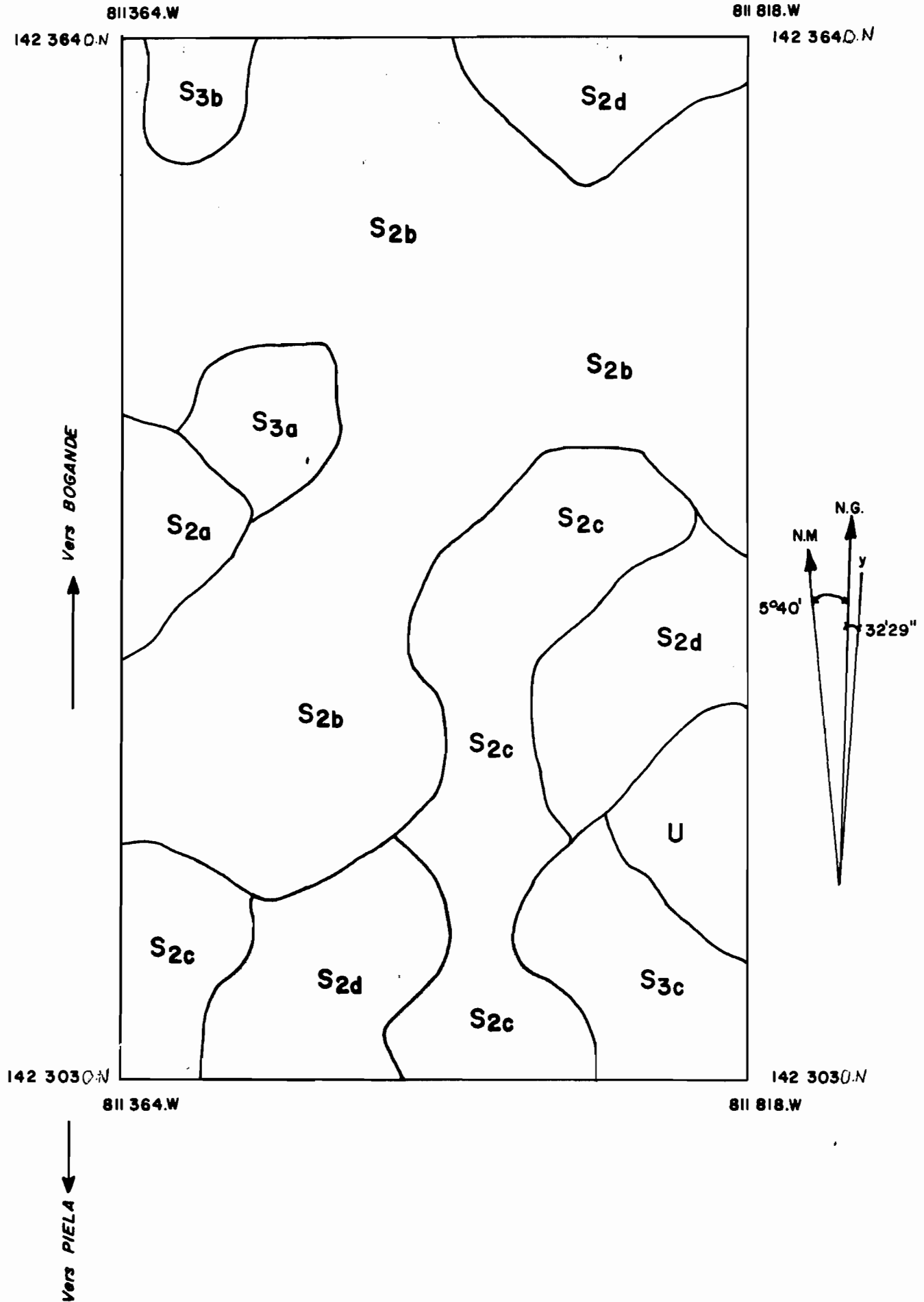
Cependant leur rentabilisation nécessite l'intervention de techniques culturales, notamment le labour et les opérations de fumure et d'amendement. Ces interventions trouvent leur justification dans la médiocrité des propriétés physiques et dans la pauvreté chimique parfois prononcée (carences en certains éléments tels le phosphore et l'azote).

Figure n°15

CARTE DES APTITUDES CULTURALES

DU P.A.P.E.M. DE BOGANDE

Echelle 1/2 500



**LEGENDE DE LA CARTE
DES APTITUDES CULTURALES DU P.A.P.E.M.
DE BOGANDE**

CLASSE D'APTITUDES CULTURALES	SOUS CLASSES ET UNITES CARTOGRAPHIQUES	SUPERFICIE	
		ha	%
SOLS ASSEZ CONVENABLES S ₂	<p>S₂ a: Sols bruns eutrophes ferruginisés (I)</p> <p>S₂ b: Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions (II B)</p> <p>S₂ c: Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés profonds. (II A₄)</p> <p>S₂ d: Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés moyennement profonds (II A₃)</p>	13,10	87,30
SOLS PEU CONVENABLES S ₃	<p>S₃ a: Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley (II C)</p> <p>S₃ b: Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley. (III)</p> <p>S₃ c: Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds (II A₂)</p>	1,5	10
SOLS INAPTES U.	U : Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels. (II A ₁)	0,4	2,7

CONCLUSION GENERALE

L'étude du PAFEM de Bogandé a été sollicitée par l'O.R.D. de l'Est (Fada N'Gourma) et entreprise par le B.N.S. Le but visé est l'inventaire des sols et l'appréciation de leurs potentialités agronomiques.

Le PAFEM couvre une superficie assez réduite (15 ha). Il est situé dans la zone climatique soudano-sahélienne. Contrasté et rude, ce climat impose à l'agriculteur un choix judicieux des espèces végétales en fonction de leurs cycles et de leurs exigences en eau. Il en découle la définition d'un calendrier cultural adéquat.

C'est dans ces conditions que devront s'opérer les activités de recherche préconisées par l'O.R.D. sur un terrain de surcroît hétérogène quant à la nature des sols.

En effet, 3 classes de sol se répartissent les 15 ha du PAFEM. Ce sont :

- les sols brunifiés
- les sols à sesquioxydes de fer ou de manganèse
- les sols hydromorphes.

Bien que plus de 90 % de la superficie totale du PAFEM soient occupées par les sols à sesquioxydes de fer et de manganèse, certains processus pédogénétiques (induration, concrétionnement, hydromorphie) ont permis de distinguer les sous-groupes suivants :

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés
- Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions
- Sols ferrugineux tropicaux lessivés hydromorphes à pseudogley.

Du point de vue de leurs valeurs agronomiques, les sols du PAFEM ont en commun des propriétés physiques assez médiocres (perméabilité lente, porosité réduite, réserves hydriques faibles, discontinuité texturale). A celles-ci s'ajoutent des carences et des déficiences en éléments chimiques. Le faible taux en matière organique est également remarquable dans ces sols.

Les caractères morphologiques et certaines contraintes pédologiques (induration, hydromorphie) ont permis de définir 3 classes d'aptitudes culturales. Ce sont :

- Les sols assez convenables aux cultures (S_2). Ils sont exempts de toute contrainte morphologique majeure. Ceux-ci couvrent une superficie de 13,10 ha soit 87,3 % de la superficie du PAFEM.

- Les sols peu convenables (S_3) regroupent les sols dont la valeur agricole dépend de l'apparition d'une ou de plusieurs contraintes majeures (faible profondeur, excès d'eau). Ils constituent 10 % de la superficie du PAPEM soit 1,5 ha.

- Les sols inaptes (U) ont une superficie de 0,4 ha soit 2,7 % de la superficie totale. Leur utilisation est rendue difficile voire impossible par la présence superficielle de la carapace ou de la cuirasse.

La rentabilisation des sols cultivables tient essentiellement des techniques culturales. Ces techniques, précisées dans les pages précédentes, constituent des solutions aux mauvaises caractéristiques physiques et chimiques.

Au total, le PAPEM de Bogandé peut présenter un haut potentiel de fertilité si les différentes contraintes sont levées.

B I B L I O G R A P H I E

- Atlas de Haute-Volta (1975)** Jeune Afrique
- Barro S. E. (1981)** Recherche et développement ; Esquisse d'une cartographie des sols de Sabouna (R. de H.V.) en vue de leur aménagement et mise en valeur D.A.A. 98 p.
- B.N.S.** Rapports techniques N°s 4 (1979) ; 6 (1979) ; 8 (1979) ; 13 (1979) ; 17 (1979) ; 21 (1980) ; 23 (1981) ; 29 (1982) ; 27 (1982)
- OUAGADOUGOU -
- Bonneau M. et Souchier (1979)** Pédologie (T.2) ; Constituants et propriétés du sol. X
Masson - Paris 454 p.
- Boulet R. (1976)** Notice des cartes de ressources en sols de la Haute-Volta. X
O.R.S.T.O.M. - Paris 97 p.
- Duchaufour P. (1977)** Pédologie ; Tome 1. Pédogénèse et classification.
Masson ; Paris 469 p.
- F A O (1977)** Directives pour la description des sols
2e Edition ; Rome 77 p.
- Gaucher G. (1968)** Traité de Pédologie agricole ; le sol et ses caractéristiques agricoles ; X
Dunod - Paris 578 p.
- Hottin G. et Ouédraogo O.F.(1975)** Notice explicative de la carte géologique au 1/1.000.000. de la République de H. V.
Edition du B.R.G.M. Paris - 58 p.
- IITA (June 1982)** Automated and semi-automated methods for soil and plant Analysis 33 p.

- Kaloga B. (1966)** Etude pédologique des bassins versants des vallées des Volta Rouge et Blanche ; Cahier de l'O.R.S.T.O.M. Pédologie Vol IV 3
- Kaloga B. (1968)** Etude pédologique de la Haute-Volta Région Centre-Sud - Rapport O.R.S.T.O.M. Centre de Dakar Hann. 225 p.
- Kenda (1981)** Cours de physiologie végétale dispensé aux Etudiants de 2^e année I.S.P.
- La classification des sols (1980)** Edition de 1967 ; C.P.C.S. - Ouagadougou 7
- Leprun J.C. et Moreau R. (1968)** Etude pédologique de la Haute-Volta ; Région Ouest-Nord : O.R.S.T.O.M. Centre de Dakar Hann 331 p.
- Moreau R. (1967)** Etude des sols de la région Nord de Banfora (T.1.) ; les sols et leur utilisation (Canne à sucre). O.R.S.T.O.M. Centre de Dakar Hann.
- O.R.S.T.O.M. (1970)** Techniques rurales en Afrique. T. 10 Pédologie et développement 278 p.
- Pallo F. (1982)** Influence de la culture de mil sur trois pédonons situés entre FadaN'Gourma et Piéga (Haute-Volta) ; Ecologia mediterranea Tome VIII (fascicule 4) 22 p.
- Paré B. et Yergeau M. (1983)** Carte morphopédologique de la forêt classée de Bissiga C.R.T.O. 36 p.
- Roose E. (1981)** Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale ; Travaux et Document de l'O.R.S.T.O.M Paris 569 p.
- Soltner D. (1977)** Les bases de la production végétale (T.1.) Imprimerie de l'Anjou 456 p.

Teissier J. (1974)

Terroir de Mogtédou (Haute-Volta) Etude
pédologique en vue de la mise en valeur ;
IRAT Agronomie tropicale : extrait du vol
XXIX : N° 2-3. 363 p.

Waidi L. (1981)

Etude comparative des propriétés hydrodynamiques des sols de la forêt classée de Ouagadougou (Haute-Volta) B.N.S. 46 p.

ANNEXE 1 : LES METHODES D'ANALYSE DES SOLS

I METHODES D'ANALYSE PHYSIQUE

1.1. Analyse granulométrique par la méthode internationale à la pipette Robinson

1.1.1. Le Principe

La granulométrie vise à la séparation des différentes fractions minérales dont les dimensions sont inférieures ou égales à 2 mm et à la détermination de leurs proportions.

Rappelons que les différentes particules sont ainsi classées :

Argile	$\emptyset \leq 2 \mu$
Limons fins	$2 \mu < \emptyset < 20 \mu$
Limons grossiers	$20 \mu < \emptyset < 50 \mu$
Sables fins	$50 \mu < \emptyset < 200 \mu$
Sables grossiers	$200 \mu < \emptyset < 2000 \mu$

\emptyset = diamètre

1.1.2. La méthode

Pour atteindre ce but, nous avons utilisé la méthode internationale à la pipette Robinson. Elle a consisté en :

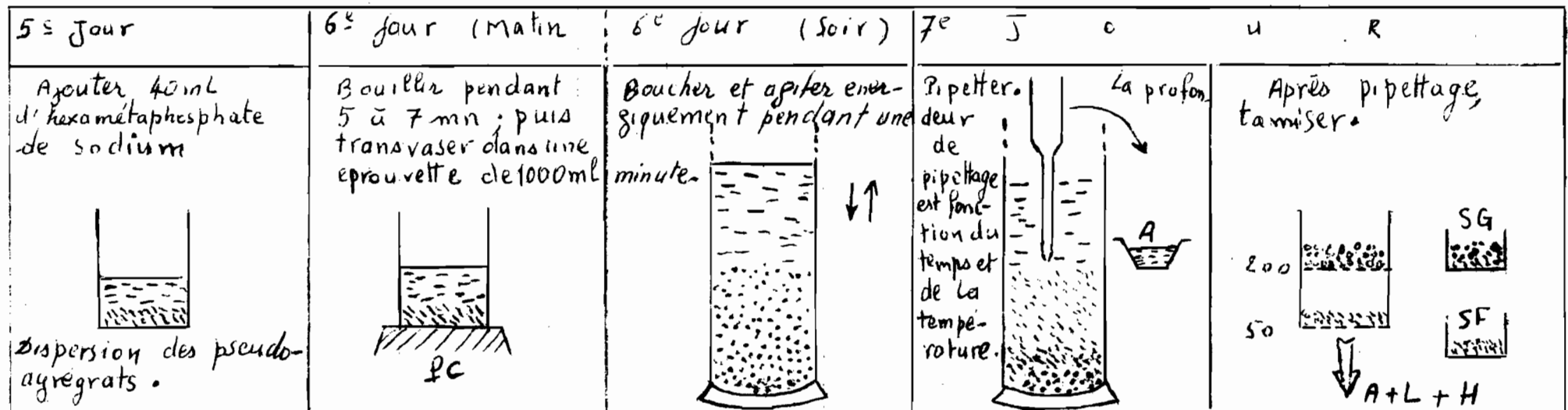
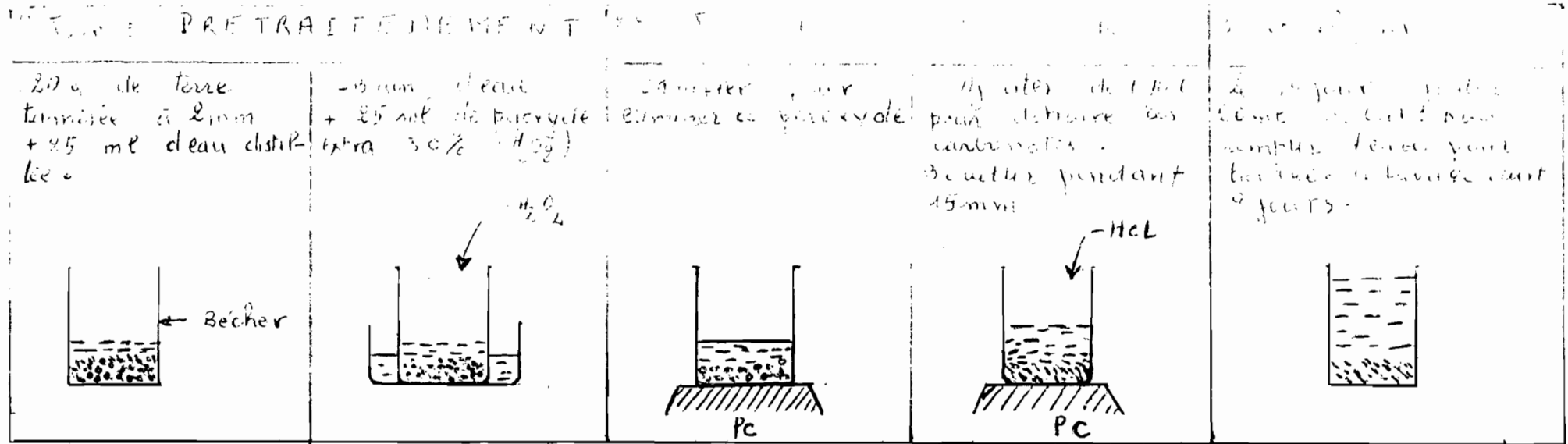
- la destruction de la matière organique par le peroxyde (H_2O_2)
- la dispersion de l'argile enrobant les particules terreuses en agrégats par l'hexamétaphosphates de sodium. (on utilise parfois des ultra sous pour obtenir le même résultat)
- au prélèvement au cours de la sédimentation à une profondeur précise pour isoler les éléments non tamisables (argiles, limons fins, limons grossiers). Les profondeurs de prélèvement sont fonction de la température et du temps passé après l'agitation mécanique (cf mode opératoire)
- la séparation par tamisage des sables fins et grossiers (tamis de 200 μ et 50 μ .)

1.1.3. Mode opératoire : figure N° I

1.1.4. Expression des résultats

$$\% A = \frac{(Pa - 0,04) (100 - H)}{P \times 20} A$$

Fig: Analyse granulométrique par la méthode internationale



PC : Plaque chauffante
 SG : Sable grossier
 SF : Sable fin

A : Argile
 L : Limon
 H : Hexamétaphosphate de sodium

- Ou : % A = pourcentage d'argile
Pa = poids de l'argile obtenu par le pipettage à la pipette Robinson
A = Volume total de l'éprouvette (en général 1000 ml).
P = Poids de la prise (20 g)
20 = Volume de la pipette
0,04 = Poids de l'hexametaphosphate de sodium contenu dans les 20 ml prélevés à la pipette.
H = % d'humidité

$$\% LF = \frac{Pf \times (100 - H) A}{P \times 20}$$

Pf = poids des limons fins (L F) obtenu par pipettage. Il est obtenu en faisant la différence entre le poids du prélèvement et du poids des argiles.

$$\% SF = \frac{P_1 \times (100 - H)}{P}$$

P₁ = poids des sables fins (S.F.). Pour les sables grossiers, on remplacera P₁ par le poids des sables grossiers (S.G.).

$$\% L.G. = 100 - (\% A + \% L.F. + \% S.F. + \% S.G.)$$

ou % L.G. = pourcentage des limons grossiers.

1.2. Détermination des constantes hydriques

1.2.1. Le pourcentage d'humidité

1.2.1.1. Le principe

Les échantillons soumis aux différentes analyses sont séchés à l'air. A l'issue de ce séchage, il reste toujours une certaine quantité d'eau qui ne peut être extraite qu'à plus forte température. L'élimination de cette eau est indispensable pour exprimer les résultats analytiques en pourcentage de terre sèche comme c'est le cas au laboratoire du B.N.S.

L'extraction de cette eau se fait par séchage à 105°C à l'étuve pendant 24 heures.

1.2.1.2. Mode opératoire

- Peser de la terre dans une boîte préalablement tarée (poids humide)
- Placer l'ensemble dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures
- Retirer après l'avoir soigneusement fermée
- Peser l'ensemble de nouveau (Poids sec).

1.2.1.3. Expression des Résultats

Soit : P_0 : le poids de la boîte (tare)

P_1 : poids de la boîte plus la terre humide

P_2 : poids de la boîte plus la terre sèche

% H : pourcentage d'humidité

$$\text{On a } \% H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_0} \times 100$$

- Le pourcentage d'humidité une fois déterminée; le coefficient de correction du poids (P) de la terre utilisée correspond à

$$\frac{100}{(100 - H)}$$

Le poids corrigé (P_c) est donnée par la relation

$$P \times \frac{100}{(100 - H)}$$

1.2.2. Le P. F.

1.2.2.1. Définition

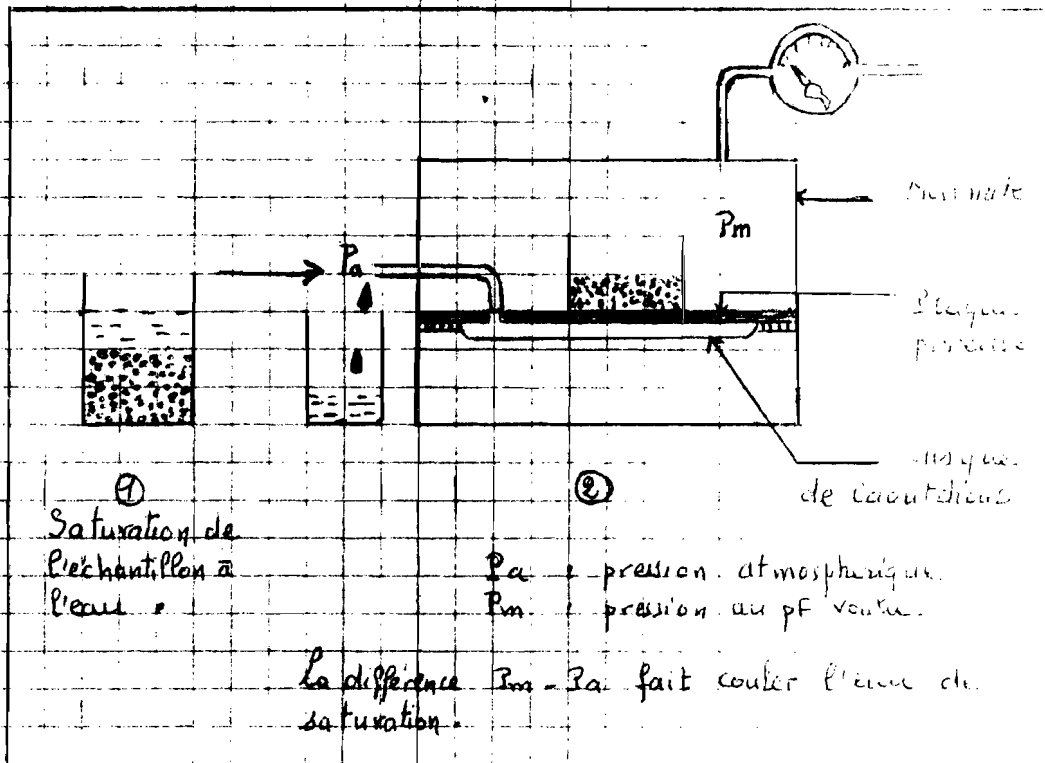
Dans le sol, les molécules d'eau sont soumises à trois forces :

- les forces gravitaires
- l'attraction des particules solides
- la succion racinaire

La force d'attraction exercée par le sol sur l'eau peut s'exprimer par une pression en g/cm^2 ou en atmosphère (1 atmosphère = $1033 g/cm^2$). Le logarithme décimal de cette pression est désigné par P F ou potentiel capillaire.

D E R T E R M I N A T I O N d u p F

M O D E O P E R A T O I R E



③ - L'échantillon sortant de la marmite est pesé (Échelle humide P_H).

Il est ensuite passé à l'étuve pendant 24 heures et pesé de nouveau (P_s).

La connaissance du potentiel capillaire permet la détermination de la réserve utile en eau du sol et par la suite de calculer le nombre théorique de jours d'arrosage.

La détermination du P F se fait à l'aide d'une presse à membrane.

1.2.2.2. Principe

On soumet un échantillon de terre, saturée d'eau et placé sur une plaque perméable à l'eau mais non à l'air, à une pression qui provoque le départ de l'eau de saturation. L'échantillon est ensuite pesé (P_1) et séché à l'étuve à 105°C avant de subir une seconde pesée (P_2). La différence entre les poids P_1 et P_2 permet de déterminer le pourcentage d'humidité au P F souhaité

Pour cette étude trois types de P F ont été déterminés. Ce sont :

- le P F 2,5 qui correspond à la capacité de rétention
- le P F 3,0 qui correspond à la capacité au champ
- et le P F 4,2 qui correspond au point de flétrissement.

1.2.2.3. Mode opératoire : figure N° 2

1.2.2.4. Expression des résultats

$$\% \text{ humidité à un P F donné} = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_0} \times 100$$

P_1 : Poids humide

P_2 : Poids sec

P_0 : tare

II Méthodes d'Analyses chimiques

Les analyses chimiques réalisées dans le cadre de cette étude comprennent :

- la caractérisation du complexe absorbant
- le potassium
- le phosphore
- l'azote total
- le pH

2.1. Caractérisation du complexe absorbant

Elle comporte la détermination et le dosage des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique (C.E.C.).

2.1.1. Les bases échangeables

2.1.1.1. Principe

Les bases échangeables regroupent les cations Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+ . Leur extraction se fait par percolation d'une solution normale et neutre d'acétate d'ammonium (CH_3COONH_4) sur une colonne de terre tamisée à 2 mm. Grâce au phénomène d'échange d'ions, les ions NH_4^+ sont fixés par le complexe absorbant au dépens des cations basiques lessivés.

Le dosage ultérieur est fait au spectrophomètre d'absorption atomique (figure 5). Pour chaque échantillon on constituera une gamme étalon.

2.1.1.2. Mode opératoire figure 3

2.1.1.3. Expression des résultats

- Soit
- E l'élément à déterminer en mé/100g de terre
 - L lecture en mg/l donné par le spectrophotomètre
 - B lecture en mg/l correspond au blanc
 - D facteur de dilution
 - P poids de la terre en g
 - P E poids équivalent de E. (Masse atomique de E sur sa valence.)
 - H pourcentage d'humidité

On a :

$$E_{\text{mé}/100g} = \frac{(L-B) \times K \times D \times 100 \times 1000}{10 P \times 1000 \times P E} \times \frac{(100 - H)}{100}$$

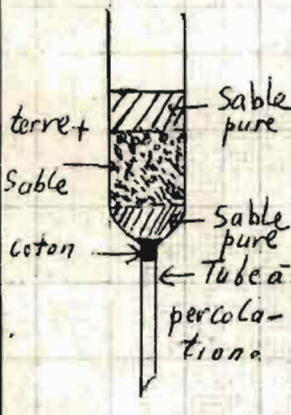
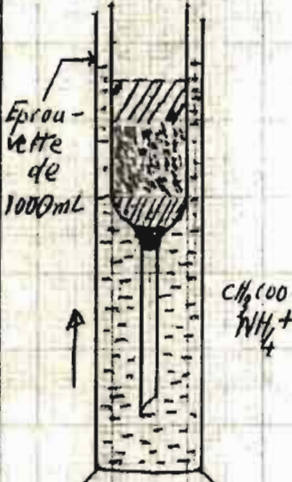
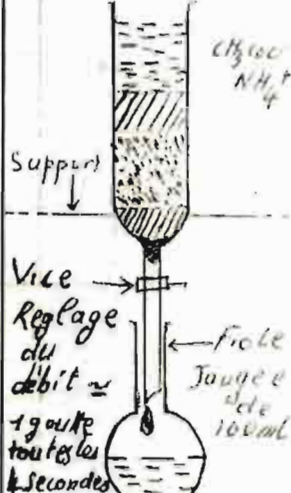
$$E_{\text{mé}/100 g} = \frac{(L - B) K \cdot D \times 100}{P \times P E} \times \frac{100 - H}{100}$$

où K = constante

$$K = \frac{\sum Cp}{\sum L_i}$$

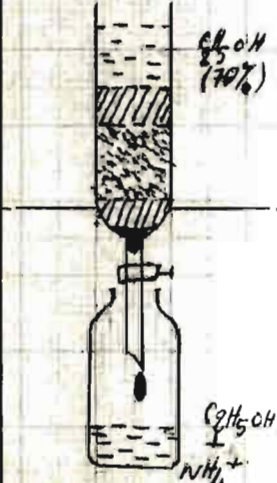
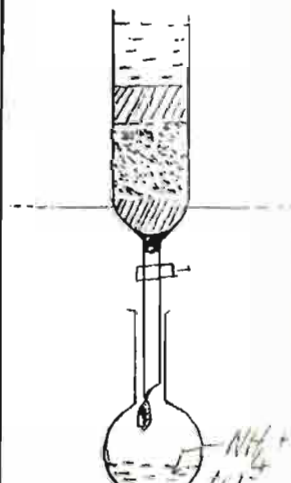
Extraction des Bases Echangeables

Fig. 3 : Mode Opérateur

<p>① Peser 5g de terre tamisée à 8mm dans un tube à percolation. Recouvrir la colonne de sable quartzéux pour éviter le tassement des particules.</p>	<p>② Saturer la colonne de terre d'acétate d'ammonium. La saturation se fait par ascension capillaire.</p>	<p>③ Commencer la percolation avec 100ml d'acétate d'ammonium. ($CH_3COO NH_4$)</p>	<p>④ Le percolat ainsi obtenu est mis de côté pour la détermination des bases échangeables $Ca^{++} K^+ Na^+$</p> <p>- Constituer un blanc (Colonne de sable quartzéux)</p>
			

Détermination de La C. E. C.

Fig. 4 : Mode Opérateur

<p>Cette détermination se fait sur la même colonne de terre qui a servi à l'extraction des bases échangeables.</p>	<p>① Percoler 500 ml d'alcool pour laver les cations retenus mécaniquement.</p>	<p>② Percoler ensuite 100 ml de chlorure de calcium pour l'extraction des ions NH_4^+ fixés précédemment.</p>	<p>La détermination se poursuivra par distillation. (même procédure que pour l'azote Total.)</p> <p>Toutefois pour la C.E.C. la distillation se fait seulement sur 20ml de percolat.</p>
			

- où C_i = concentration des différents points de la gamme.
 L_i = lecture en mg/l données par le spectrophomètre et correspondant aux différents points de la gamme.

2.1.2. Détermination de C.E.C.

2.1.2.1. Principe

La CEC réfère à la quantité maximale de cations de toute sorte fixés par le complexe absorbant. L'extraction de ces cations suit immédiatement celles des bases échangeables et s'effectue sur la même colonne de terre que celles-ci.

Après l'extraction des bases échangeables, la colonne subit un lavage à l'alcool éthylique (C_2H_5OH) 70 % pour l'élimination des ions ammonium fixés mécaniquement. Elle est ensuite soumise à une percolation de chlorure de calcium qui aboutit à l'extraction des ions ammonium précédemment retenus par le complexe. La teneur de ces cations représente la C.E.C. La détermination se fait par distillation suivit de dosage. (même procéder que pour l'azote total : figure N° 5).

2.1.2.2. Extraction des ions ammonium : fig. 4

2.1.2.3. Dosage

L'ammoniac est déplacé de l'ion ammonium par distillation. Il est recueilli dans une solution d'acide basique (H_3BO_3) dont l'excès est dosé en retour pour l'acide sulfurique.

2.1.2.4. Expression des résultats

- Soit V_0 : la chute de burette correspondant au blanc
 V_1 : la chute de burette correspondant à l'échantillon
 N : Normalité de l'acide sulfurique
 V_t / Volume total du percolat (100 ml)
 V_p : Volume du percolat soumis à la distillation (20 ml).
 P : Poids de la prise de terre (5 g)
 T : C. E. C.

On a

$$T \text{ mé}/100g : \frac{(V_1 - V_0) N \times V_t \times 100}{V_p \times P}$$

En remplaçant V_t , V_p et P par leurs valeurs

$$\text{On a : } T \text{ mé}/100g = (V - V_0) \times N \times 100$$

2.2. Le Potassium

2.2.1. Le potassium total

2.2.1.1. Principe

Le potassium total est déterminé sur de la terre tamisée à 2 mm après minéralisation à chaud avec l'acide de Fleishmann (H_2SO_4 concentré + HNO_3 concentré).

A l'issue de cette minéralisation, le potassium est transformé en sulfate de potasse . Le phosphore se trouve dans cette solution sous forme d'acide phosphorique. Pour cette raison, on déterminera le phosphore total sur ce même extrait.

La détermination du potassium se fait par spectrophotomètre d'absorption atomique.

2.2.1.2. Mode opératoire

2.2.1.2.1. Extraction

- Peser 2,5 g de terre (2 mm) dans une fiole jaugée de 100 ml
- Ajouter 20 ml d'acide de Fleishman (10 ml de H_2SO_4 plus 10 ml de HNO_3).
- Chauffer jusqu'à ébullition
- Maintenir le chauffage jusqu'à décoloration du milieu réactionnel
- Arrêter le chauffage et laisser refroidir
- Ajouter 40 à 50 ml d'eau et laisser refroidir puis - compléter à 100 ml avant de filtrer.

2.2.1.2.2. Dosage

Le milieu étant acide on prendra le soin de le neutraliser avec de l'ammoniaque 5N (25 ml du filtrat pour 15 ml d'ammoniaque dans une fiole de

50 ml) avant le pulvérisage au spectrophomètre d'absorption atomique.

Etablir une gamme.

2.2.1.3. Expression des résultats

- Etablir la courbe étalon

X_1 : Concentration en ppm de K lue sur la courbe et correspondant à l'échantillon.

Y : Volume (25 ml) de l'extrait dilué à 50 ml.

P : Poids de l'échantillon séché à l'air. (2,5 g)

H : Pourcentage d'humidité

$$\text{ppmK} = \frac{X_1 \times 50 \times 100}{Y \times P} \times \frac{(100 - H)}{100}$$

$$\text{ppmK} = X_1 \times 0,8 \times (100 - H)$$

$$\% K = \frac{\text{ppmK}}{10.000}$$

$$\% K_2O = \% K \times 1,2$$

2.2.2. Le potassium disponible

2.2.2.1. Principe

Le potassium disponible est celui fixé temporairement sur les minéraux argileux sous forme non échangeable. Ce potassium peut être déplacé par traitement du sol avec une solution d'acide minéral. Pour ce traitement, une des méthodes indiquées consiste à traiter le sol mis préalablement en suspension dans l'eau avec l'acide sulfurique concentré.

Après cette première attaque le sol est lavé et percolé avec une solution d'acide sulfurique 0,1N jusqu'au volume désiré (100 ml). L'extrait étant suffisamment (3,6 N environ), il est donc nécessaire de le neutraliser avec l'ammoniac avant de le pulvériser au spectrophotomètre.

2.2.2.2. Mode opératoire

2.2.2.2.1. Extraction

- Peser 5g de terre (0,5 mm) dans un bécher de 100 ml.
- Ajouter 25 ml d'eau distillée
- Ajouter avec précaution 10 ml d' H_2SO_4 concentré
- Bien homogénéiser
- Couvrir d'un verre de montre et laisser reposer 30 mn
- Filtrer dans une fiole de 100 ml
- Percoler avec de l'acide sulfurique 0,1 N jusqu'au trait de jauge.

2.2.2.2.2. Dosage

- Introduire 25 ml de l'extrait dans une fiole de 50 ml
- Ajouter 15 ml de solution d'ammoniac 5 N.
- Amener à volume
- constituer un blanc et une gamme étalon de concentration (en ppm)
0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 .

2.2.2.3. Expression des résultats

Tracer la courbe étalon $(A_1 - A_0) = f(c)$ avec

A_1 = lecture pour chaque point de la gamme

A_0 = lecture pour le blanc de la gamme

c = Concentration en ppm de K de chaque point de la gamme

X_1 = Concentration en ppm lue sur la courbe et correspondant à l'échantillon

Y = Volume en ml de l'extrait dilué à 50 ml

H = % d'humidité

P = Poids de l'échantillon séché à l'air

Il vient que :

$$K_{ppm} = \frac{X_1 \times 50 \times 100}{Y \times P \times 100} (100 - H)$$

Si $P = 5g$ et $Y = 25 ml$ $V_{total} = 100 ml$

$$K_{ppm} = 0,4 X_1 (100 - H)$$

2.3. Le phosphore

2.3.1. Le phosphore total

Le P_2O_5 total se détermine sur le même extrait que le potassium total. Le dosage se fait par colorimétrie.

2.3.2. Dosage

- Prélever 20 ml du filtrat et diluer 5 fois à l'eau distillée (20 ml) de filtrat pour un volume total de 100 ml).
- Prélever 2 ml dans un tube à essai et ajouter 10 ml de réactif mixte (1)
- Bien agiter et laisser se développer la coloration bleue (20 mn) avant de passer au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 720 nm.
- Etablir une gamme étalon de 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ppm.

2.3.3. Expression des résultats

Soit : L_1 : lecture en g/ml donné par le spectrophotomètre
 L_2 : lecture en g/ml obtenue pour le blanc
H : % d'humidité
V : volume total

$$\frac{L_1 - L_2}{P} \times V \times K \times 100 \times \frac{(100 - H)}{100} D$$

où D est le facteur de dilution

K est une constante (cf. bases échangeables)

$$P_2O_5 = \frac{L_1 - L_2}{P} (100 - H) K D \times V \times 2,29$$

2,29 : Coefficient de transformation en P en P_2O_5

2.3.2. Le phosphore assimilable (Méthode Bray 1)

2.3.2.1. Principe

Le phosphore assimilable désigne la fraction de phosphore du sol pouvant être immédiatement utilisée par les plantes. Cette fraction se trouve dans le sol sous forme de phosphate de calcium ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) de fer et d'alumine.

Compte tenu du fait qu'aucun réactif n'extrait à la fois ces trois formes (Soltner 1977), les phosphates de calcium et les ions P_2O_5 fixés par l'intermédiaire du calcium sont extraits par une solution d'acide (HCl : 1N) et les phosphates de fer ($\text{Fe}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$) et l'alumine ($\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$) par une solution alcaline normale (1N) (NH_4F)

Le dosage se fait par colorimétrie.

2.3.2.2. Mode opératoire

2.3.2.2.1. Extraction

- Peser 2g de terre tamisée à 0,5 mm dans un tube à essai
- Ajouter 14 ml de solution d'extraction ($\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$)
- Secouer pendant une minute et filtrer
- Constituer un blanc avec 14 ml de solution d'extraction.

2.3.2.2.2. Dosage

- Prélever 2 ml de filtrat
- Ajouter 8 ml d'acide borique
- Puis 2 ml de réactif mixte (1)
- Homogénéiser et atteindre 30 ml pour que la coloration bleue se développe
- Faire les lectures à 720 ou 880 nm
- Constituer une gamme étalon de concentration : 0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 ; 1,0 ppm de P_2O_5

2.3.2.3. Expression des résultats

Soit : A_E = lecture en g/ml pour l'échantillon

A_0 = lecture en g/ml pour le blanc

$$\text{Pppm/g} = \frac{(A_E - A_0)}{P} \times V \times D \times K_e \times \frac{(100 - H)}{100}$$

ou P = poids de l'échantillon

V = volume total

D = Facteur de dilution

K_e = constante (cf bases échangeables)

si P = 2

V = 14

et D = 6

on a

$$\text{Pppm/g} = (A_E - A_0) \times 42 \times K \frac{(100 - H)}{100}$$

(1) Composition du réactif mixte pour 1000 ml de solution

- Acide sulfurique 2,5 N	:	50 ml
- Molybdate d'ammonium	:	30 ml
- Acide ascorbique	:	60 ml
- Tartrate antymonyl de potassium	:	10 ml
- Compléter à l'eau distillée	:	850 ml

2.4. L'Azote total

2.4.1. Principe

L'acide sulfurique concentré se comporte comme un oxydant. Il décompose les matières organiques dont le carbone se transforme en CO_2 , l'hydrogène en vapeur d'eau, tandis que l'azote organique devient ammoniacal et se transforme aussitôt en sulfate d'ammonium ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$). L'action oxydante de l'acide sulfurique est augmentée par l'élevation de la température d'ébullition et par addition de cuivre.

L'ammoniac formé est ensuite déplacé du sulfate d'ammonium par addition de soude et distillation. On le recueille dans un acide (acide borique H_3BO_3) dont l'excès sera dosé par l'acide sulfurique.

Par la différence, on en déduit la quantité d'acide neutralisée par l'ammoniaque.

2.4.2. Mode opératoire : figure 5

2.4.3. Dosage

Le produit est titré à l'acide sulfurique. La couleur vire du vert au rose original. Pour le dosage, constituer un blanc.

2.4.4. Expression des résultats

Soit V_0 = volume de H_2SO_4 utilisé pour le blanc

V_1 = volume de H_2SO_4 utilisé pour l'échantillon

N = Normalité de la solution de H_2SO_4 .

P = poids de terre utilisée en g.

H = % d'humidité

$$\text{Alors } Nmg/5g = (V_1 - V_0) N \times 14 \times \frac{(100 - H)}{100} \text{ et}$$

$$Ng/5g = (V_1 - V_0) N \times 14 \times 10^{-3} \times \frac{(100 - H)}{100}$$

$$\% N = \frac{(V_1 - V_0) N \times 14 \times 10^{-3} \times 100 \times (100 - H)}{P \times 100}$$

Comme $P = 5$

$$\text{On a : } \% N = 0,28 N \times (V_1 - V_0) \frac{(100 - H)}{100}$$

Remarques

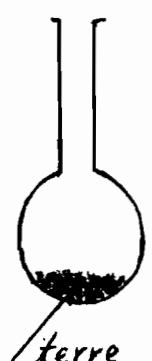
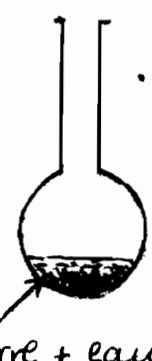
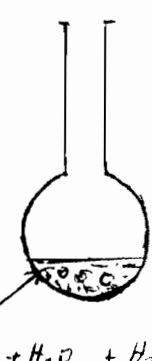
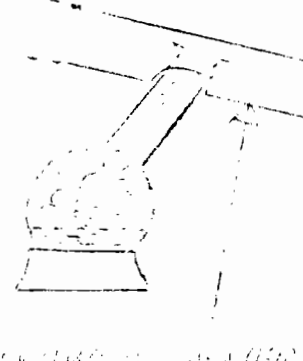
1 CC d'acide N = 14 mg d'azote

./.

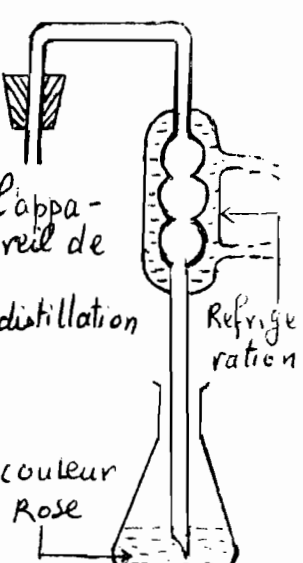
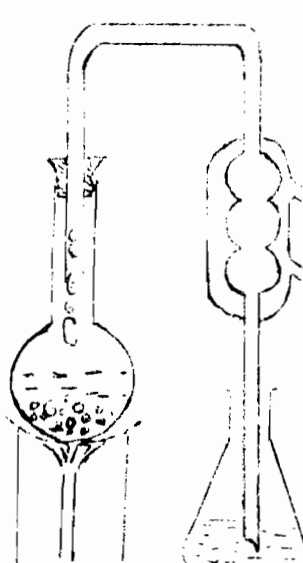
Fig n° 5 DOSAGE de L'AZOTE TOTAL

Mode Opérateur

MINERALISATION.

<p>① Peser 5g de terre fine (0,5 mm) dans un metras de Kjeldahl</p>	<p>② Ajouter 10 ml d'eau distillée. - Agiter et laisser reposer 30 mn.</p>	<p>③ Ajouter 15 ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) + 1 tablette de Wieniger* + 4 à 5 billes dans le metras</p>	<p>④ Chauffer lentement jusqu'à ébullition et décoloration. Chauffer ensuite à une température...</p>
 <p>terre</p>	 <p>terre + eau</p>	 <p>terre + H_2O + H_2SO_4</p>	

← DISTILLATION →

<p>⑤ Laisser refroidir lentement et commencer la distillation.</p>	<p>⑥ Introduire 50 ml d'indicateur à l'acide borique dans une fiole erlenmeyer</p>	<p>⑦ Placer la fiole sous (8)</p> 	<p>(8)</p> 
--	--	--	--

- ⑧ Mettre 5 à 6 pierres ponce + une certaine quantité d'eau dans le metras.
Ajouter 10 ml de NaOH 10N.

Commencer immédiatement la distillation.
La couleur de l'acide vire du rose au vert.

- Composition des tablettes de Wieniger

4,75 g de sulfate de sodium	(Na_2SO_4)
0,75g de sulfate de cuivre	($\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
1,00 g de selenium	(Se)

La tablette joue un rôle de catalyseur.

2.5. La mesure du pH

Le pH du sol est la mesure de la concentration des ions H^+ libres dans sa solution. Il permet de caractériser l'acidité du sol.

Notons qu'au niveau du sol on distingue :

- l'acidité de titration ou acidité potentielle qui correspond à la quantité totale des ions hydrogènes fixés par le complexe absorbant et remplaçables par un métal existant dans le milieu (G. Gaucher 1968)

- L'acidité actuelle qui exprime la quantité d'ions H^+ existant dans le milieu et provenant de la dissociation des molécules à valence acide. C'est cette dernière que mesure le pH (cologarithme de la concentration des ions H^+)

Deux types de pH ont été mesurés

Le pH H_2O qui représente le pH de la terre macérée dans l'eau.

Le pH KCl qui est le pH de la terre macérée dans une solution normale de chlorure de potassium (KCl)

Le pH KCl est généralement inférieur au pH eau. En effet, les ions K^+ en prenant la place des ions H^+ sur le complexe absorbant qui passe dans la solution, provoque une augmentation des ions H^+ dans le milieu et par suite un abaissement du pH.

Cet abaissement par rapport au pH eau est d'autant plus fort que l'acidité potentielle est élevée.

D. Soltner (1977) indique que :

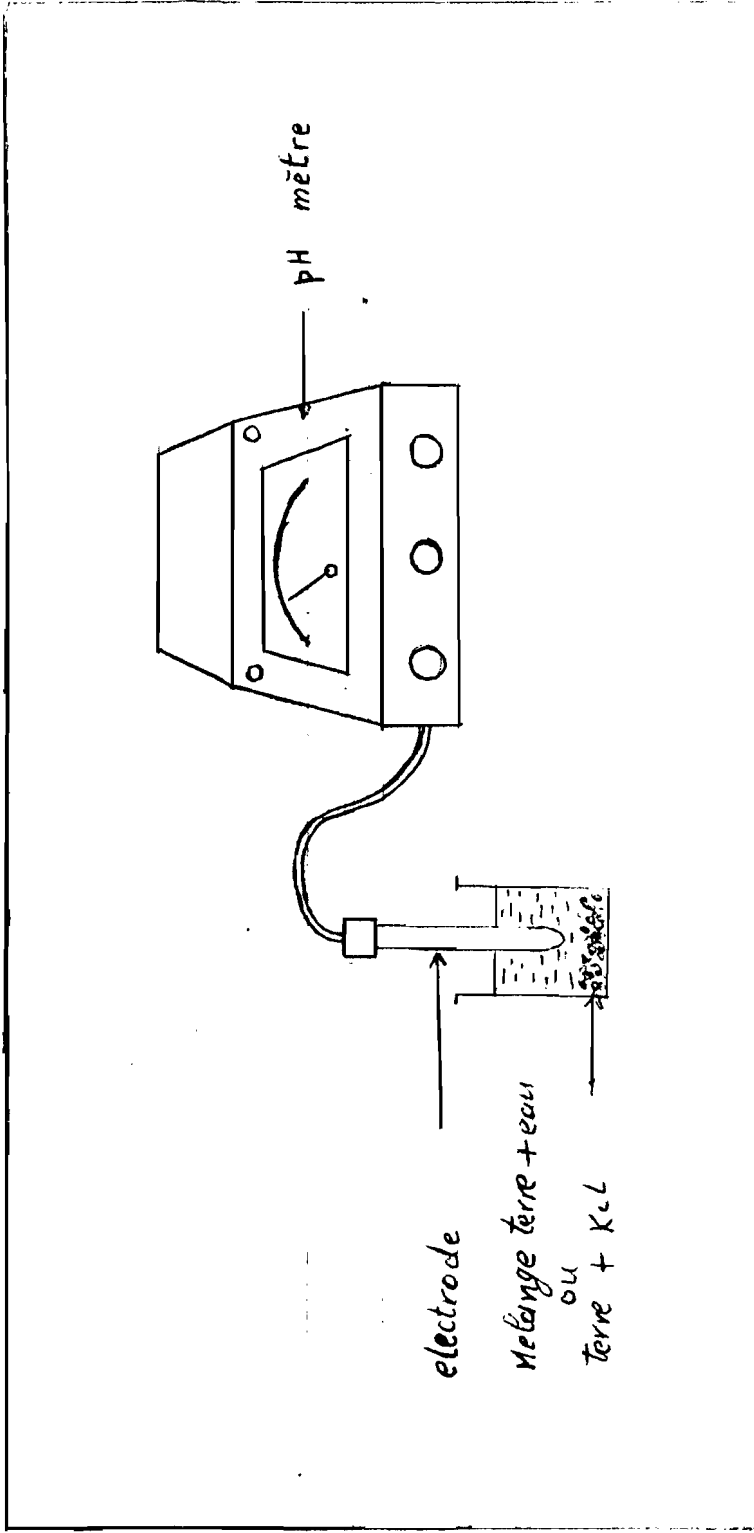
- Une unité d'écart entre le pH eau et pH KCl correspond à une forte acidité potentielle.

- Une demi-unité d'écart indique une acidité potentielle moyenne.

- Un écart moins d'une demi unité indique une acidité potentielle faible.

Ef

Fig N° 6 Mesure du pH - d'après le protocole utilisé au B.N.S -



La mesure des différents pH, ainsi réalisée, s'est effectuée à l'aide d'un pHmètre (figure 17)

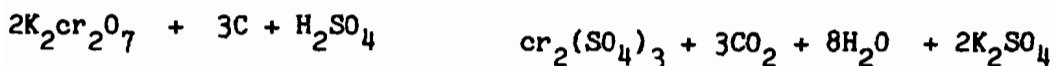
Mode opératoire

- Peser 20 g de terre tamisée à 2 mm dans une boîte
- Ajouter 50 ml de liquide (eau ou KCl 1N). Le rapport sol/liquide est donc de 2/5.
- Bien remuer pendant une demi-heure
- Faire les lectures sur le pHmètre.

2.6. Détermination de la matière organique (Walkey - Black)

2.6.1. Principe

Sur une certaine quantité de terre (1 à 5 g selon la teneur présumée en matière organique) on fait agir du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$). En milieu sulfurique, l'oxydation du carbone s'effectue suivant la réaction



Après l'oxydation du carbone, l'excès de bichromate est dosé avec le sel de Mohr (sulfate ferreux d'ammonium : $Fe(NH_4)_2SO_4$) en présence de diphenylamine (indicateur) dont la couleur passe de bleu foncé à bleu vert.

2.6.2. Mode opératoire

- Peser 1 à 5 g de terre fine (0,5 mm)
- Ajouter 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N
- Ajouter soigneusement à la main pour bien mélanger
- Ajouter 20 ml de H_2SO_4 concentré
- Agiter 1 mn pour bien homogénéiser et laisser reposer pendant 30 mn
- Puis ajouter 10 ml d'acide phosphorique
- Ajouter ensuite 100 ml d'eau distiller et laisser refroidir.
- Ajouter 0,5 ml de diphenylsulfonate de barium (indicateur).
- Titrer l'excès de bichromate de potassium avec le sol de Mohr.
- Constituer un blanc.

ANNEXE 3. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DE QUELQUES PROFILS PEDOLOGIQUES

Profil N° 9

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Relief	Quasi plat
Pente	Quasi nulle
Erosion	En nappe
Perméabilité	Modérément lente
Drainage	Imparfait
Ruissellement	Non évident
Humidité	Faible
Végétation	Savane arbustive à <i>Combretum glutinosum</i> <u><i>Piliostigma reticulata</i></u> , strate herbacée à <u><i>Butyrospermum parkii</i></u> , tapis herbacé à <u><i>Loudetia togoensis</i></u>

- 0 - 18 cm Gris (10YR5/1) à l'état sec ; brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide ; limon sableux ; faiblement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; assez nombreux pores très fins, fins et moyens ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines moyennes et grossières. Limite graduelle.
- 18 - 46 cm Brun très pâle (10YR7/3) à l'état sec ; brun pâle (10YR6/3) à l'état humide ; limon argileux ; quelques grains quartzeux plus concrétions ferromanganifères ; taches rouilles ; moyennement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; nombreux pores très fins et fins ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières. Limite graduelle.
- 46 - 88 cm Gris clair (10YR7/1) à l'état sec ; blanc (10YR8/1) à l'état humide ; limon argileux ; concrétions ferromanganifères ; quelques grains quartzeux plus taches rouilles et ocre ; faiblement polyédrique subangulaire moyen et grossier assez nombreux pores ; peu dur à l'état sec ; activité biologique non évidente ; racines rares très fines ; limite abrupte.
- 88 + Carapace

Profil N° 18

Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Erosion	En nappe
Pérméabilité	Modérément lente
Drainage	Imparfait
Végétation	Terrain dénudé

0 - 16 cm Gris (10YR5/1) à l'état sec ; gris foncé (10YR4/1) à l'état humide ; limon sableux ; nombreux gravillons ferrugineux ; massi ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges tendre à l'état sec ; activité biologique faiblement marquée ; racines rares fines et moyennes ; limite abrupte.

16 cm + Carapace

Profils N°s 7, 17 Classe des sols à sesquioxydes de Fe et de Mn

Description du profil N° 7

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Relief	Quasi plat
Pente	Quasi nulle
Erosion	Non évidente
Perméabilité	Modérément lente
Drainage	Imparfait
Ruissellement	Non évident
Humidité	Faible
Végétation	Savane arbustive à <u>Combretum micrantum</u> plus tapis herbacée à <u>Loudetia togoensis</u>

- 0 - 10 cm Gris brônâtre clair (10YR6/2) à l'état sec ; brun grisâtre (10YR5/2) à l'état humide ; sable limoneux ; massif ; nombreux pores très fins, fins et moyens ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines peu nombreuses très fines, fines et moyennes ; limite graduelle.
- 10 - 34 cm Brun jaunâtre (10YR5/8) à l'état sec ; jaune (10YR7/8) à l'état humide ; limon argileux ; nombreuses concrétions ferromanganifères ; grains de quartz plus taches rouilles massif à faiblement polyédrique fin et moyen ; peu dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines peu nombreuses très fines, fines et moyennes ; limite abrupte.
- 34 cm + Cuirasse.

Profil N° 17

Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Erosion	Non évidente
Perméabilité	Modérément rapide
Drainage	Normal
Végétation	<u>Adansonia digitata</u> <u>Anogeissus leiocarpus</u> <u>Loudetia togoensis</u> ; <u>shoefeldia gracilis</u>

0 - 30 cm Gris blanc (10YR7/1) à l'état sec ; gris (10YR5/1) à l'état humide ; sable argileux ; nombreux gravillons ferrugineux ; faiblement polyédrique subangulaire grossier ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite abrupte.

30 cm + Carapace

Profil N° 23

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Relief	Quasi plat
Pente	Quasi nulle (0 - 1 %)
Perméabilité	Modérément lente
Drainage	Imparfait
Ruissellement	Non évident
Humidité	Faible
Végétation	Tapis herbacé à <u>Loudetia togoensis</u>

- 0 - 15 cm Gris (10YR6/1) à l'état sec ; gris (10YR5/1) à l'état humide ; limoneux ; quelques concrétions ferrugineuses ; massif à faiblement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; nombreux très moyens, fins et très fins ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières limite graduelle.
- 15 - 37 cm Brun grisâtre (10YR5/2) à l'état sec ; brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état humide ; argileux ; concrétions ferromanganifères plus taches rouges ; moyennement polyédrique subangulaire fin, moyen et grossier ; assez nombreux pores moyens, très fins, et fins ; dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines assez nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite graduelle.
- 37 - 90 cm Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec ; jaune brunâtre (10YR6/6) à l'état humide ; argileux ; nombreuses concrétions ferromanganifères plus taches rouges et ocres (2,5YR5/6) à l'état sec ; et rouges (2,5YR4/8) à l'état humide ; faiblement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; assez nombreux pores très fins et fins ; dur à l'état sec ; activité biologique assez bien marquée ; racines rares très fines et fines ; limite distincte.

90 - 105 cm

Brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état sec ; brun jaunâtre clair (10YR6/4) à l'état humide ; argileux ; nombreuses taches rouges et ocres (2,5YR5/6) à l'état sec et brun foncé (7,5YR5/6) à l'état humide ; concrétions ferromanganifères ; massif ; peu nombreux pores très fins, et fins ; dur à l'état sec ; racines rares très fines.

Profil N° 5

Classe des sols à sesquioxyde de Fer et de Manganèse

Date de description	28/12/83
Physiographie	Plateau
Relief	Faiblement ondulé
Erosion	Non évidente
Perméabilité	Modéré
Drainage	Imparfait
Nappe	Au-delà de 74 cm
Végétation	Tapis herbacé dense à <i>Loudetia togoensis</i> plus <i>Adansonia digitata</i>

- 0 - 20 cm Brun grisâtre foncé (10YR4/2) à l'état sec ; gris très foncé (10YR3/1) à l'état humide ; sable limoneux ; quelques gravillons ferrugineux ; massif ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; peu dur à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines peu nombreuses très fines, fines moyennes et grossières ; limite distincte.
- 20 - 35 cm Brun (7,5 YR5/4) à l'état sec ; brun clair (7,5YR6/4) à l'état humide ; limon argileux ; quelques concrétions ferrugineuses plus taches rouges ; moyennement polyédrique subangulaire fin et moyen ; nombreux pores très fins fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec ; activité biologique bien marquée ; racines nombreuses très fines, fines, moyennes et grossières ; limite distincte.
- 35 - 74 cm Rose (5YR7/4) à l'état sec ; rose (5YR7/3) à l'état humide ; limon argileux concrétions ferromanganifères plus taches rouges ; moyennement polyédrique subangulaire moyen et grossier ; nombreux pores très fins, fins, moyens et larges ; tendre à l'état sec ; activité biologique moyennement marquée ; racines rares très fines ; limite abrupte.
- 74 cm + Carapace.