

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Institut d'Etudes Centre-africaines

SERVICE PEDOLOGIQUE

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA MICROFLORE
DE QUELQUES SOLS TYPIQUES DU CONGO**

par P. de BOISSEZON

Cote I. E. C. : MC. 110

BRAZZAVILLE, AVRIL 1961

Cote ORSTOM :

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Institut d'Etudes Centra-Africaines

SERVICE PEDOLOGIQUE

CONTRIBUTION A L' ETUDE DE LA MICROFLORE DE
QUELQUES SOLS TYPIQUES DU CONGO

par P. de BOISSEZON

- S O M M A I R E -

	Pages
Avant-Propos	5
Introduction	7
 I - <u>Caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques des sols étudiés</u>	 11
 II - <u>Caractéristiques microbiologiques des sols étudiés.</u>	 45
 III - <u>Variations saisonnières des propriétés chimiques et microbiologiques des sols étudiés.</u>	 68
 IV - <u>Essai de caractérisation physique, chimique et biologique des différents types de matières organiques correspondant aux catégories de sol étudiées</u>	 96
 - Conclusion	 109
 Annexes : - <u>Méthodes d'analyses physiques, chimiques et microbiologiques</u> des sols	 113
 - Relevés floristiques des Stations d'observation	 121
 - Bibliographie	 129

- TABLE DES PLANCHES HORS TEXTE -

	Pages
Planche 1. Carte de localisation	8
Planche 2. Climatologie de la station de Boko	13
Planche 3. Résultats analytiques : Sol rouge érodé sur grès de l'Inkisi (Profil)	16
Planche 4. Climatologie de la station de Malèla	20
Planche 5. Résultats analytiques : Sol argileux de plateau de la Vallée du Niari - (Profil)	22
Planche 5 bis. Stabilité structurale et test de percolation	27
Planche 6. Climatologie de la station de Komono-M'bila	29
Planche 7. Résultats analytiques : Sol de forêt humide sur granite (Profil)	31
Planche 8. Climatologie de la station de Brazzaville Maya-Maya	34
Planche 9. Résultats analytiques : Sol de forêt sèche sur sables Kalahari remaniés (Profil)	37
Planche 10. Climatologie de la station d'Inoni	38
Planche 11. Résultats analytiques : Sol de savane des plateaux Batékés (Profil)	41
Planche 12. Analyses microbiologiques : Sol rouge érodé sur grès de l'Inkisi	48
Planche 13. Analyses microbiologiques : Sol argileux de la Vallée du Niari sous savane	52
Planche 14. Analyses microbiologiques : Sol argileux de la Vallée du Niari sous culture	55
Planche 15. Analyses microbiologiques : Sol de forêt humide sur granite	57
Planche 16. Analyses microbiologiques : Sol ferrallitique sur granite sous culture de caféier	59
Planche 17. Analyses microbiologiques : Sol de forêt sèche sur sables Kalahari remaniés	62
Planche 18. Analyses microbiologiques : Sol de savane des plateaux batékés	64
Planche 19. Evolution des caractéristiques chimiques : Sol rouge érodé sur grès de l'Inkisi	72
Planche 20. Evolution des caractéristiques microbiologiques : Sol rouge érodé sur grès de l'Inkisi	73

Planche 21.	Evolution des caractéristiques chimiques : Sol argileux de plateau de la Vallée du Niari	77
Planche 22.	Evolution des caractéristiques microbiologiques : Sol argileux de plateau de la Vallée du Niari	79
Planche 23.	Evolution des caractéristiques chimiques : Sol de forêt humide sur granite	82
Planche 24.	Evolution des caractéristiques microbiologiques : Sol de forêt humide sur granite	84
Planche 25.	Evolution des caractéristiques chimiques : Sol de forêt sèche sur sables Kalaḥari remaniés	87
Planche 26.	Evolution des caractéristiques microbiologiques : Sol de forêt sèche sur sables Kalahari remaniés	88
Planche 27.	Evolution des caractéristiques chimiques : Sol de savane des plateaux batékés	90
Planche 28.	Evolution des caractéristiques microbiologiques : Sol de savane des plateaux batékés	91
Planche 29.	Humidité aux champs	104

- A V A N T - P R O P O S -

-:-:-:-:-

Jusqu'en 1956 aucune analyse microbiologique de sols du Congo n'avait à notre connaissance été pratiquée et depuis les études réalisées ont été très limitées et non publiées :

Madame H. VARGUES étudia en 1957 quelques catégories de sols des plateaux Batékés (sol de Tourbière, sol hydromorphe de Lousséké, sols de savane et de forêt) et un sol forestier de la région d'Ouessou. Les résultats des analyses pratiquées (fixation d'azote, nitrification, ammonification, cellulolyse et flore saprophytique) ne permirent pas à l'auteur beaucoup de conclusions, par suite de l'utilisation de techniques de culture microbiologique plus ou moins bien adaptées à l'acidité des terres étudiées.

Cependant l'A. notait la présence à côté de germes fixateurs d'azote donnant des colonies laiteuses (sans doute du groupe : *Beijerinckia*), de petites colonies muqueuses peu extensives dont nous aurons l'occasion de reparler.

Les cultures de nitrificateurs en milieu liquide permirent la mise en évidence d'une activité nitrifiante plus ou moins intense suivant les catégories de sol, et l'A. note une bonne activité nitrifiante des sols sous forêt des Plateaux Batékés, spécialement en profondeur.

En ce qui concerne l'ammonification, la méthode utilisée (mesure du dégagement d'ammoniac gazeux) ne permit pas à l'A. de tirer des conclusions exactes sur l'activité ammonifiante des terres étudiées (v. méthodes d'analyse p. 116).

A la même époque, différentes analyses étaient pratiquées au Laboratoire de l'IDERT Bondy (M. J. KAUFFMAN) dans le but de suivre l'influence sur la microflore d'un sol du Niari, d'une couverture morte (Essai IRHO Loudima).

Cet essai pratiqué sur un sol nettement différent de ceux généralement utilisés en culture mécanisée dans le Niari (sol jaune argileux des plateaux du Niari) ne permit aucune conclusion quant à l'effet de la couverture morte.

Cependant Monsieur J. KAUFFMAN nota la présence d'une densité importante en germes fixateurs d'azote (*Beijerinckia*) et une activité nitrifiante très variable suivant l'époque du prélèvement.

.../...

Les analyses pratiquées par le Laboratoire de l'IDERT - Bondy dans le cadre de l'étude de l'évolution des terres de culture du Niari de M. G. MARTIN (28) sont par contre beaucoup plus intéressantes.

Les phénomènes étudiés assez brutaux : fumure très forte, dénudation totale, culture d'épuisement, taches stériles, ont permis de tirer un certain nombre de conclusion que nous résumerons comme suit :

L'apport de fumier a pour conséquence une nitrification plus active, et une diminution de nombre des fixateurs d'azote.

L'apport de paille par contre fait augmenter la densité de germes fixateurs, mais l'activité nitrifiante est moins intense. Si les effets de la mise en culture de la savane naturelle paraissent bénéfiques pour la microflore (augmentation de l'activité nitrifiante et de la densité en germes fixateurs), par contre la culture continue d'arachide a nettement un effet néfaste.

Malheureusement cette étude qui ne portait que sur l'activité des germes fixateurs d'azote et des germes nitrificateurs n'a pu être poursuivie.

Les conclusions, d'ordre général, issues de ces premières études assez fragmentaires sont cependant intéressantes : C'est d'une part la diversité de la microflore des différentes catégories de sols étudiées, d'autre part l'importance des variations saisonnières de cette microflore, enfin les modifications de la microflore de ces sols, consécutifs au défrichement, à la mise en culture, et aux diverses façons culturales.

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

A la suite de ces premiers travaux, et avant d'entreprendre toute étude particulière, il est apparu comme nécessaire d'étudier la microflore d'un certain nombre de sols typiques de la République du Congo, sous végétation naturelle.

Cette étude présente le double but :

- 1^{re}) - de définir la physionomie de la microflore de ces sols aux fins de les caractériser par leurs propriétés microbiennes et de fournir des renseignements de base en vue d'études particulières ultérieures;
- 2^{de}) - de définir le sens et les modalités des variations de leurs caractéristiques microbiologiques au cours de l'année, en relation avec l'évolution des facteurs climatiques et des propriétés physico-chimiques des sols.

Les sols sur lesquels portent cette étude sont les suivants :

- 1^{re}) - Sol rouge érodé, sur grès de l'Inkisi (Schisto-gréseux) formé sous savane arbustive à *Aristida Dewildemanii*.
- 2^{de}) - Sol argileux des plateaux de la "Vallée du Niari" (Schisto-calcaire) formé sous savane arbustive à *Hyparrhenia diplandra*.
- 3^{de}) - Sol argileux des plateaux de la "Vallée du Niari" mis en culture mécanisée
- 4^{de}) - Sol jaune argilo-sableux du massif granitique du Chaillu formé sous forêt humide.
- 5^{de}) - Sol de forêt sèche, formé sur sables Kalahari remaniés.
- 6^{de}) - Sol de savane, faiblement arbustive, à *Trachypogon Thollonii*, sur sables Kalahari (Plateaux Batékés).

Ces sols, qui diffèrent entre eux par leur roche-mère, les conditions climatiques, et les types de végétation qui ont présidé à leur évolution, sont peu comparables entre eux (à l'exception de 2 et 3). Ils représentent toutefois des catégories de sol ayant une grande extension dans la partie Sud de la République du Congo.

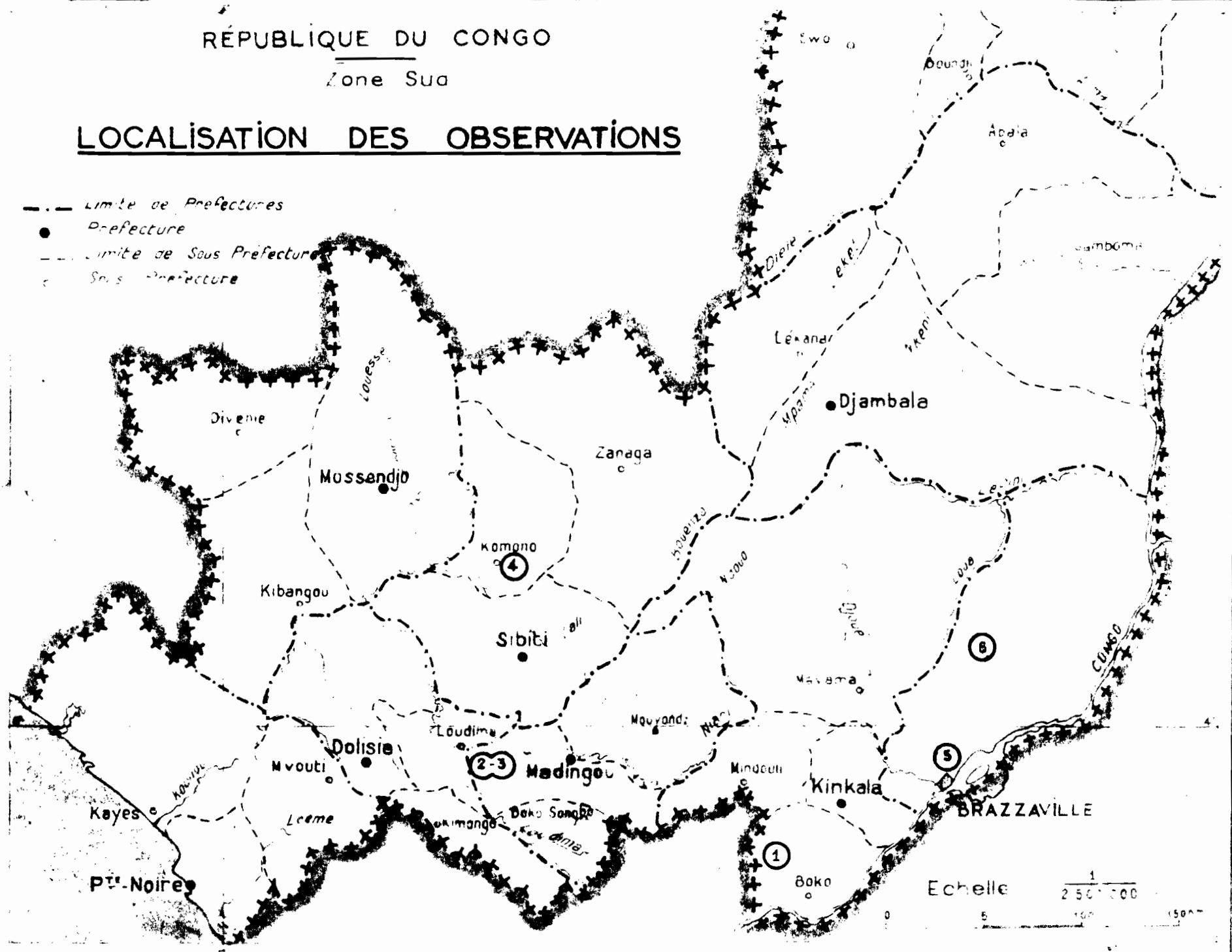
Les emplacements de prélèvement correspondant à chaque catégorie de sols (cf. carte de localisation des prélèvements Pl. 1, p. 8) ont été choisis avec soins (position topographique, végétation et roche-mère) afin que les sols observés puissent être considérés comme représentatifs des différents biotopes étudiés.

RÉPUBLIQUE DU CONGO

Zone Sud

LOCALISATION DES OBSERVATIONS

- - - Limite de Prefectures
 • Prefecture
 - - - Limite de Sous Prefecture
 • Sous-Prefecture



Echelle 1:250 000

Sur chacun de ces emplacements un microparcelle de 100 m² a été matérialisée sur le terrain - et les prélèvements (agronomiques) ont été effectués uniquement à l'intérieur de ces parcelles.

Ces prélèvements se sont succédés pratiquement tous les deux mois. A savoir :

10 au 18 Nov. 1959	:	milieu du 1er Cycle (+)	)	
14 au 21 Janv. 1960	:	Petite saison sèche	)	Saison des pluies
9 au 14 Mars 1960	:	Début du 2e Cycle	(	
6 au 13 Mai 1960	:	Fin du 2e Cycle	(	
9 au 13 Juillet 1960	:	Milieu de la saison sèche	)	
20 au 26 Sept. 1960	:	Fin de la saison sèche	(	Saison sèche
22 Nov. au 7 Déc. 1960	:	Milieu du 1er Cycle.		

Parallèlement à l'étude microbiologique de ces sols, des prélèvements en vue de leur étude physique et chimique ont été effectués aux mêmes dates, afin de pouvoir éventuellement relier ces différents aspects entre eux.

Les analyses de ces échantillons ont été effectuées : pour les déterminations physiques et chimiques au Laboratoire de l'I.E.C. - BRAZZAVILLE par Mr. J.L. THIAIS; pour les analyses de structure et les mesures portant sur l'eau dans le sol au Laboratoire de physique du sol par Mr. G. MARTIN; enfin pour les analyses microbiologiques au Laboratoire de microbiologie des sols de l'I.E.C.

On trouvera en annexe (p.113 et suivantes) les méthodes d'analyses physiques, chimiques et microbiologiques utilisées.

.../...

(+) La Saison des pluies peut dans le Sud du Congo être divisée en deux cycles (cf. Etudes climatiques chapitre I) auxquels correspondent grosso-modo deux cultures successives.

A la suite de cette année d'étude et d'observation , nous nous sommes trouvés en présence d'une série de résultats physico-chimiques et microbiologiques correspondant aux différents prélèvements effectués au cours de l'année. Etant donné l'importance des variations saisonnières de certaines propriétés physico-chimiques et microbiologiques de ces sols, le problème de la représentativité des résultats obtenus se pose, soit pour définir le sens et les modalités de l'évolution normale des propriétés de ces sols au cours de l'année, soit pour les caractériser par leurs propriétés physiques chimiques et microbiologiques. Or ces observations se présentent comme des instantanés, qui ne peuvent être considérés comme représentatifs que si les variations saisonnières ne sont pas masquées par des variations de période plus réduite. Ceci pose de plus le problème de la représentativité de l'année d'observation en fonction de l'année moyenne, et celui de l'influence de nombreux facteurs aléatoires (place et importance des dernières pluies, températures du sol, etc avant chacun des prélèvements).

Par conséquent il serait présomptueux de croire à la représentativité absolue de cette étude, et l'on peut seulement considérer les variations obtenues comme donnant une idée des variations possibles, puisque ces variations ont été observées et mesurées, avec des méthodes d'analyse déterminées, pour l'année 1960.

Nous avons d'ailleurs utilisé pour les graphiques, la représentation en bâtons, en nous gardant de relier les points d'observation par des courbes plus ou moins certaines, étant donné le nombre assez réduit d'observations et l'incertitude sur leur représentativité,

En ce qui concerne la précision des mesures, nous nous sommes attachés à réduire au maximum la marge des erreurs expérimentales :

- L'échantillonnage sur le terrain a comporté le prélèvement de quarante échantillons élémentaires (pour une surface de 100 m²), l'homogénéisation de ces prélèvements, et la prise d'un échantillon représentatif dans cet ensemble.
- Les analyses physiques et chimiques ont été faites avec un grand nombre de vérifications; et les analyses microbiologiques ont été pratiquées en plusieurs exemplaires (généralement trois ou plus), et les résultats donnés correspondent à la moyenne des résultats obtenus.

- I -

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS ETUDIES

: SOL ROUGE ERODE SUR GRES DE L'INKISI :

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT :

A 200 mètres à l'Est de la Route Kinkala-Mankoussou, 9 km. après l'huilerie de la SACE (Plateau des Cataractes).

FACTEURS D'EVOLUTION DE CE SOL.

I. LE CLIMAT (cf. planche 2 p. 13 : Boko, situé à environ 20 km. à vol d'oiseau de la station d'observation à une altitude analogue).

De type "Bas Congolais" (+) ce climat est remarquable par l'existence d'une longue saison sèche de 4 mois et demi (15 mai au 30 Septembre), qui coïncide avec un minimum de température et un minimum de la tension de vapeur d'eau.

La pluviométrie annuelle est en moyenne de 1293 mm (à Boko), mais elle varie suivant les années de 847 à 1548 mm. La petite saison sèche est simplement marquée par un ralentissement de la pluviosité au cours des mois de Janvier et de Février (100 mm. en moyenne pour chacun de ces deux mois).

La température moyenne mensuelle est comprise entre 18,8 et 24,5°C, et la température moyenne annuelle (22,53°C) est la plus faible du Congo. Ceci semble dû spécialement à l'altitude (Boko 583 m.). Malgré tout, la température ne descend jamais en dessous de 11,0° (Juillet).

L'humidité relative, toujours très élevée, présente cependant un minimum en fin de saison sèche et un maximum au cours du mois de mai. D'une façon générale elle est toujours voisine de la saturation au cours de la nuit, ce qui explique l'importance des condensations occultes.

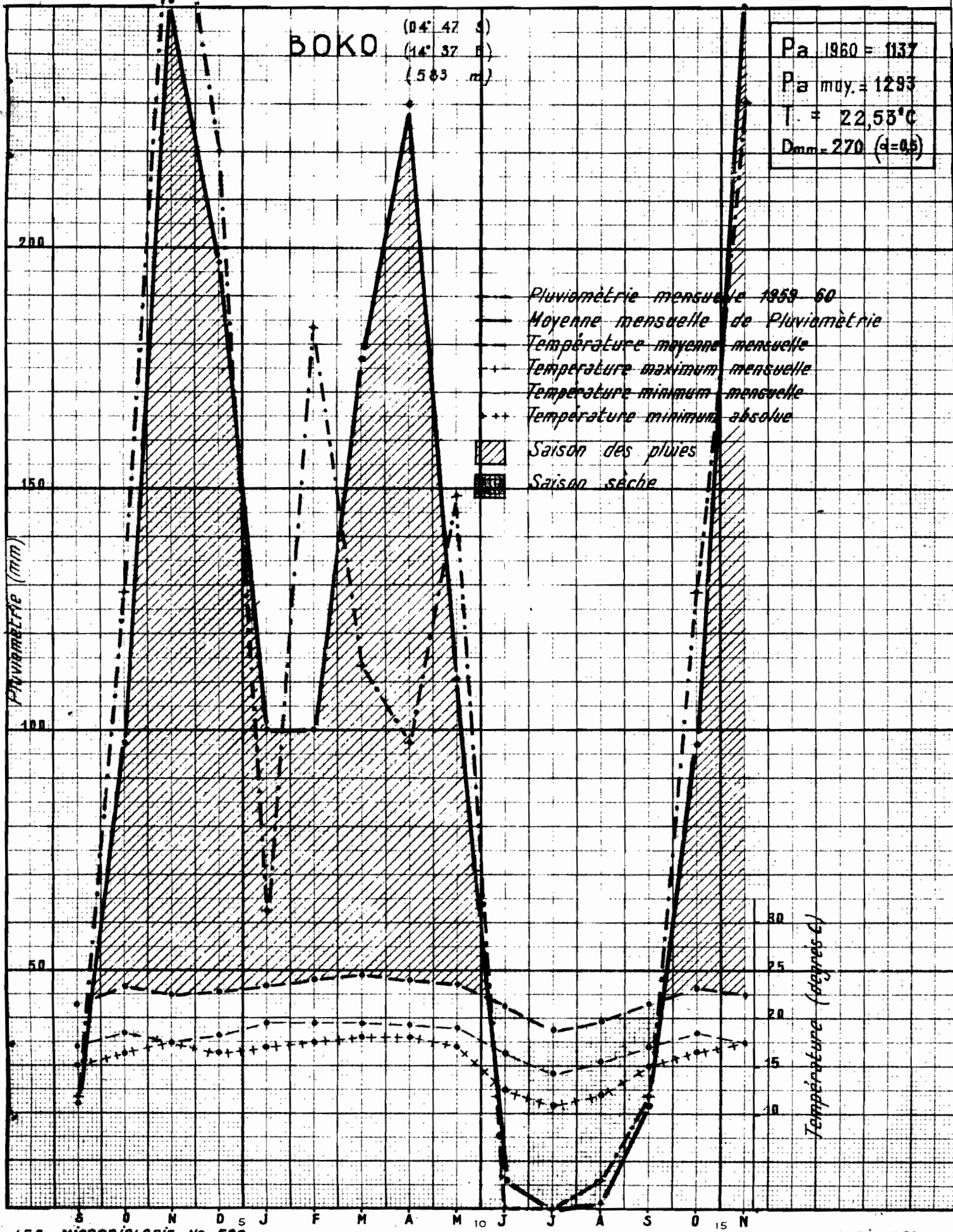
.../...

(+) AUBREVILLE et FACY.

BOKO

(04° 47' S)
(14° 37' E)
(583 m)

Pa 1960 = 1137
Pa moy. = 1293
T = 22,55°C
Dmm = 270 (d=0.5)



L'évaporation toujours élevée (voisine de 800 mm. pour l'année) est maximum en fin de saison sèche, le déficit de saturation atteint alors son maximum; il est minimum au début de la saison sèche (Juin), mois qui correspond d'ailleurs au minimum d'évaporation.

La nébulosité présente un minimum au début et à la fin de la grande saison sèche, mais elle est maximum au cours de cette saison.

2. ROCHE-MERE.

Le sol est issu de grès rapportés à l'étage inférieur de la série de l'Inkisi. La roche-mère est essentiellement formée d'arkoses à micas blancs, contenant de nombreux galets isolés.

3. POSITION TOPOGRAPHIQUE.

Croupe arrondie sans méplats, la parcelle étudiée est située dans la partie supérieure du versant, avec une pente moyenne de 12 %.

4. VEGETATION.

Savane arbustive à Aristida Dewildemanii, la strate arbustive étant essentiellement constituée d'*Hymenocardia acida* (+). La végétation recouvre très mal le sol, et de grandes zones, (de l'ordre du m²) apparaissent dénudées entre les touffes d'*Aristida*. Ces espaces nus, soumis directement à l'action des agents atmosphériques semblent toutefois protégés par des lichens qui forment par place une sorte de croûte gris-verdâtre à la surface du sol, ailleurs la croûte semble due à la nature pectisée, des éléments les plus fins (ferrugineux) de l'horizon supérieur du sol.

.../...

(+) Le relevé floristique complet de chaque station de prélèvement, effectué par M. Paul SITHA est donné en annexe (cf. p. 121)

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU SOL.

Sol de couleur rouge, érodé, faiblement humifère, de texture sablo-argileuse, à structure polyédrique compacte due, semble-t-il à la présence d'hydroxydes de fer. Ce sol est formé sur des matériaux remaniés issus des grès de l'Inkisi.

Description du profil.

- 0 - 30 cm : Horizon faiblement humifère, de couleur brun rougeâtre sombre (5 YR 3/4), sablo-argileux, à texture polyédrique moyenne, de cohésion moyenne, présence de racines graminéennes. Porosité faible.
- 30 - 50 cm : Horizon de transition, brun rougeâtre (5 YR 4/4), sablo-argileux à texture polyédrique moyenne, cohésion moyenne à forte, horizon biogène caractérisé par les nombreux passages d'animaux fouisseurs et d'insectes. Présence de quelques racines.
- 50 - 95 cm : Rouge-jaunâtre, de structure et de texture analogues à celles de l'horizon précédent.
- 95 - 460 cm : Rouge-jaunâtre (5 YR 4/6 à 4/8) toujours sablo-argileux, mais un peu plus riche en argile que les horizons précédents, à texture polyédrique et à cohésion de moyenne à forte.

La présence de morceaux de charbon de bois épars (vers 100 cm.) semble indiquer la nature remaniée de ces matériaux; de plus cet horizon repose sur :

- 460 - 470 cm : Une nappe de cailloux (Stone line) formée d'éléments grossiers : galets de quartzite arrondis et légèrement ferruginisés en surface et petits gravillons ferrugineux.
- Plus de 470 cm : Horizon rouge-jaunâtre avec par place des zones rouge-violacées de grès très altérés qui ont perdu presque entièrement toute cohésion et dans lesquels on n'observe pas de minéraux autres que des quartz.

.../...

SOL DE SAVANE SUR GRÈS DE L'INKISI

PROFIL

Prélèvement Agron.

N° Echantillon	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Moyenne	annuelle
Profondeur	0/30	25/35	30/90	150/160	210/250	350/360	400/410	460/470	470/480	0/15	Ecart
Couleur	7.5 YR 5/4	7.5 YR 6/4	5YR 6/3	7.5 YR 6/4	7.5 YR 6/4	7.5 YR 6/4	7.5 YR 7/4	7.5 YR 6/4	5YR 6/4	7.5 YR 5/4	Maxima 3/2 Moyenne
Terre fine %	100	100	100	100	100	100	100	89	100	100	
Granulométrie %	Humidité	2,6								2,3	± 0,3
	Argile	29,5	24,5	24,5	29	30,5	32,5	32	28	28	30
	Limon	2	3	3	4	4	3	3	4	5	2
	Sable fin	25	24	24	26	27	24,5	22,5	25	23,5	27
	Sable grossier	40	41	43	38	36	38,5	39,5	41	41,5	37
Bases totales en mg	Calcium			0,3				1,1		0,7	0,5
	Magnésium			0,62				0,95		0,65	0,32
	Potassium			1,43				1,28		1,07	1,64
	Sodium			0,96				2,69		1,56	1,26
	Somme des B.T.			3,31				6,02		3,98	3,72
P ₂ O ₅ total mg											
Bases échange en mg	Calcium	0,11	0,03	0,03						0,21	± 0,06
	Magnésium	tr.	tr.	tr.						0,02	± 0,02
	Potassium	0,04	0,12	0,04						0,07	± 0,05
	Sodium	0,03	0,03	0,02						0,03	± 0,01
	Somme des B.E.	0,18	0,18	0,09						0,33	± 0,10
Calcium / Magnésium											
P ₂ O ₅ Assimil. mg											
Matières Organiques	Carbone %	1,1	0,7	0,4						1,3	± 0,2
	Azote total mg	101	84	63						116	± 11
	C / N	11	8,5	5,6						11	± 1,5
	Mat. org. %	1,9	1,2	0,6						2,3	± 0,3
	Acide hum. mg	28	10	18						49	± 25
	Acide fulv. mg	486	326	268						414	± 130
Capacité d'échange											
Degré de saturation											
pH											

Prélèvements : FL II (0-10 cm), FL 12 (25-35), FL 13 (80-90), FL 14 (150-160),
FL 15 (240-250), FL 16 (350-360), FL 17 (400-410), FL 18
(460-470), FL 19 (470-480).

Morphoscopie des sables : Les sables paraissent analogues en dessus et en dessous de la nappe de cailloux. De teinte générale rose, on observe une dominance absolue de non usés de taille homogène (type quartz engrainés de grès) avec des recouvrements fréquents d'oxydes de fer.

CARACTERES PHYSIQUES :

Sol sablo-argileux, compact, à perméabilité faible, et à structure très battante. En saison sèche, ce sol présente des fentes de retrait importantes. Enfin sa capacité de retention en eau est faible (^{13,5 %}~~15 %~~). (Cf. tableau p. 26 et planche 5 bis p.27)

CARACTERES CHIMIQUES: (cf. Planche 3 p.16).

Sol acide, à complexe absorbant très peu important (4 me/100 g.) d'origine surtout minérale et à degré de saturation très faible (la somme des bases échangeables est en moyenne de 0,3 me/100 g. pour la couche 0-15 cm). Ce sol est aussi remarquable par sa faible teneur en matières organiques (2 % pour l'horizon de surface). Cette matière organique provient principalement de la décomposition du système racinaire de la strate herbacée, car le feu de brousse qui passe au moins une fois par an, le vent et l'érosion en nappe détruisent et entraînent les débris organiques plus ou moins brûlés reposant à la surface du sol. Cette matière organique, assez évoluée (C/N de 11) est relativement très riche en acides fulviques qui migrent profondément dans le sol.

Remarques sur les conditions écologiques qui président au développement de la micro-flore de ce sol.

La couverture très discontinue du sol, permet des variations importantes de la température des horizons de surface. Par contre les feux de brousse, ont peu d'action, semble-t-il, car ils parcourent rapidement cette savane très peu dense.

Le ruissellement très important, qui est dû à la fois aux propriétés physiques de ce sol et aux fortes pentes, fait que le sol ne bénéficie réellement que d'une faible fraction des 1.300 mm. d'eau de pluies, le coefficient de ruissellement pouvant atteindre 75 %; par contre l'érosion est très active et l'on observe dans toute cette région des formes d'érosion analogues aux "Lavaka" malgaches. (8)

: SOL ARGILEUX DE PLATEAU DE LA "VALLEE DU NIARI" :
:

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT :

Près de la Station Agronomique de Maléla (LOUDIMA), en amont de la parcelle dite "de l'essai de dénudation".

FACTEURS D'EVOLUTION DU SOL.

I. LE CLIMAT (cf. planche 4 p. 20).

Il est également de type "Bas-Congolais" mais diffère sensiblement de celui décrit pour la première station de prélèvement.

La saison sèche est en moyenne de 5 mois (15 mai - 15 octobre). La pluviosité (moyenne annuelle de 1158 mm.) est soumise à des variations importantes suivant les années (1422 à 778 soit des écarts à la moyenne pouvant dépasser 50 %). Ces minima absolus de la pluviométrie annuelles sont extrêmement préjudiciables aux rendements des cultures.

Le minima relatif de la petite saison sèche a lieu suivant les années au cours de la période allant de la mi-décembre à la mi-mars.

Enfin la pluviométrie du deuxième cycle est généralement un peu inférieure à celle du premier cycle, mais cela n'a pas été le cas pour l'année d'observation 1959-60.

La température moyenne mensuelle est comprise entre 22,38 et 25,89°C., la température moyenne annuelle étant de 25,53°. La température minima absolue est de 10,5°.

L'humidité relative varie entre 74,2 pour le mois de Septembre et 78,58 pour le mois de Mai (à Dolisie). Elle est voisine de la saturation au cours de la nuit (90 à 100 % et décroît au cours des heures chaudes de la journée; les minima mensuels moyens étant en février et mars (56,5).

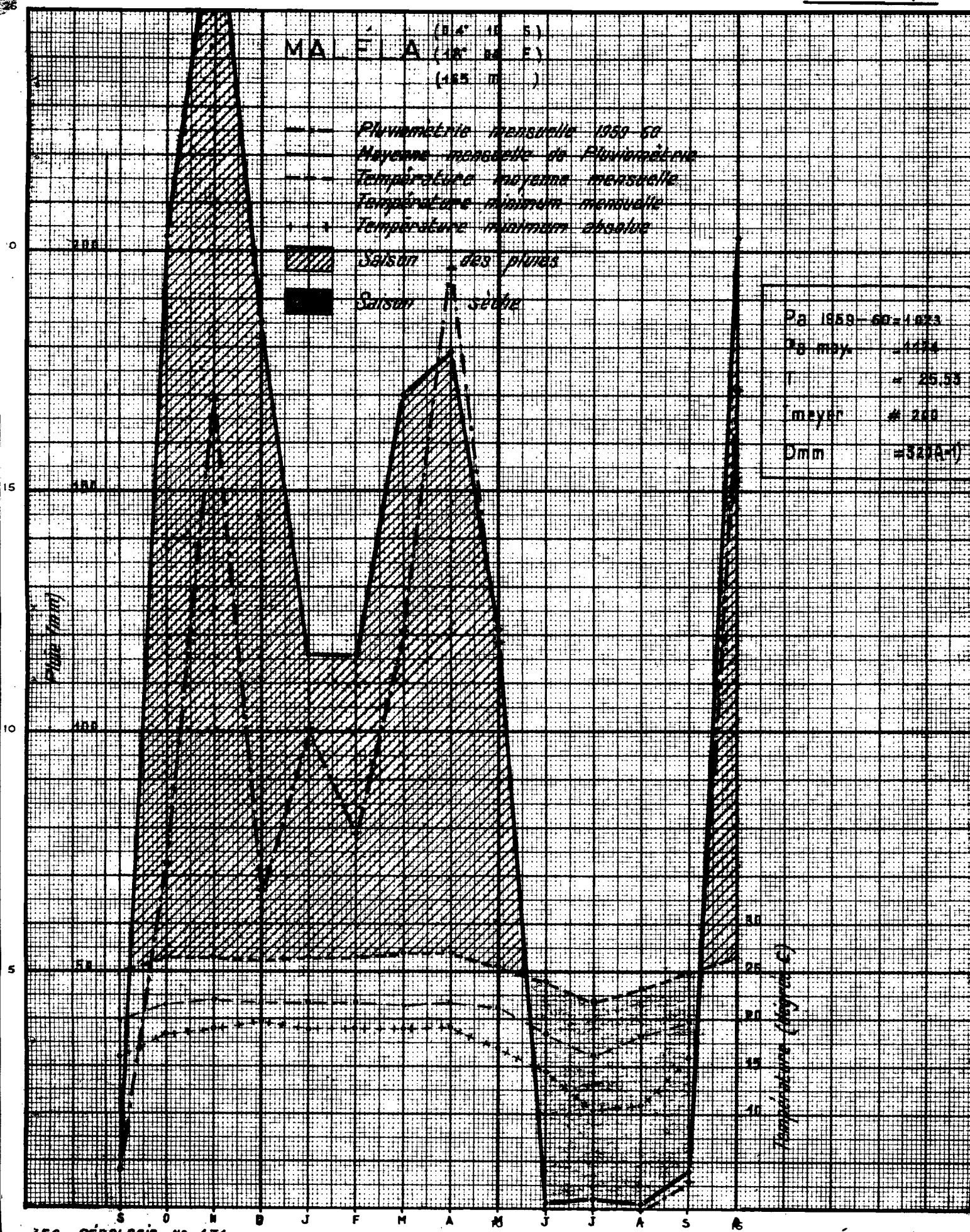
L'évaporation (765 mm dans l'année, à Dolisie) présente au cours des mois d'Août, Septembre et Octobre un maximum dû à la baisse de tension de vapeur d'eau et surtout aux vents qui sont alors plus fréquents.

MA F A
(84° 15' S)
(18° 45' F)
(185 m)

Pluviométrie mensuelle 1959-60
Moyenne mensuelle de Pluviométrie
Température moyenne mensuelle
Température minimum mensuelle
Température maximum absolue

Saison des pluies
Saison sèche

Pa 1959-60 = 1673
Pg moy. = 1474
I = 25.93
meyer = 260
Dmm = 329A(1)



2. ROCHE-MERE.

Ce sol est issu d'un matériau très argileux, remarquable par son homogénéité et par sa forte évolution (~~Réserve minérale faible~~), ~~de nature kaolinique~~ et riche en hydroxydes métalliques.

3. POSITION TOPOGRAPHIQUE.

Plateau à pente inférieure à 2 %.

4. VEGETATION.

Savane arbustive naturelle à Hyparrhenia diplandra et Anona arenaria (cf. relevé floristique p.122).

La végétation recouvre presque complètement le sol, et les espaces dénudés sont généralement inférieurs à quelques décimètres carrés. Les feuilles des arbustes et la strate herbacée brûlent chaque année d'une manière plus ou moins complète suivant la précocité des feux de brousse.

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES.

Sol argileux, profond ; sous l'horizon humifère grisâtre peu épais, la pénétration de la matière organique, d'abord diffuse, puis entre les agrégats et par courtes trainées, donne naissance à un horizon d'aspect légèrement bigarré, qui progressivement fait place à un matériau argileux brun-jaunâtre (10 YR 6/6).

Description du profil :

- 0 - 2 cm. : Horizon humifère, brun sombre (7,5 YR 3/2), argileux ; grumeleux petit, porosité bonne.
- 2 - 20 cm. : Horizon humifère brun à brun sombre, argileux, répartition homogène de la matière organique, structure nuciforme à polyédrique de cohésion moyenne.
- 20 - 60 cm. : Horizon de passage et de pénétration humifère, brun-jaunâtre (10 YR 6/5) argileux, d'aspect légèrement bigarré, par suite de la pénétration humifère qui se fait préférentiellement sur les faces des agrégats et par petites trainées verticales.

60 à plus de 300 : Progressivement cet horizon fait place à un horizon jaune-brûnâtre (10 YR 6/6) argileux à structure micropolyédrique devenant légèrement rougeâtre (7,5 YR 6/6) en profondeur.

Remarque : Ce sol se classe donc dans la catégorie des "soils jaune de pente de plateau" définie dans la toposéquence présentée p. 33 bis du rapport MC 96.

Prélèvements : FL 21 (0-10 cm.), FL 22 (30-40 cm.), FL 23 (80-90 cm.),
FL 24 (200-210 cm), FL 25 (290-300 cm.).

Morphoscopie des sables.

Les sables sont de nature très diverses :

- des concrétions brunes arrondies de fer à patine superficielle,
- des concrétions noires arrondies de fer et de manganèse à patine superficielle,
- des concrétions rouges brique non usées, sans patine,
- des pseudo-sables formés d'argile et d'hydroxydes englobant des sables fins.

La fraction quartzeuse comprend en quantités analogues : des glomérules formés de fins cristaux de quartz, toujours ferruginisés, des "émoussés luisants", ceux de plus grandes tailles dérivant de "ronds mats" repris par l'eau; enfin une quantité un peu plus faible de quartz de forme allongée (luisants limpides) finement striés.

CARACTERES PHYSIQUES.

Sol argileux (plus de 70 %), à perméabilité moyenne, mais à capacité de rétention élevée (cf. p. 26 et planche 5 bis, p.27). Sa structure, relativement bonne, est fragile et se dégrade rapidement quand le sol est dénudé.

CARACTERES CHIMIQUES (cf. planche 5 p.22).

Sol acide (pH 4,9) à capacité d'échange faible (voisine de 10 me/100 g. en surface). Le complexe absorbant est essentiellement d'origine organique. La teneur en bases échangeables étant faible (2 me/100 g. en surface), le taux de saturation est faible. En profondeur, la teneur en bases échangeables devient très faible (0,2 me à 30 cm); tandis que la somme des bases totales reste voisine de 5 me/100 g. avec dominance potassique.

La matière organique (5 %), à C/N de 15 est riche en acides fulviques qui migrent plus profondément que les acides humiques.

SOL ARGILEUX DE PLATEAU DE LA VALLÉE DU NIARI

Sous Savane

Sous Culture

PROFIL

Prélèvements

Agronomiques

N° Echantillon	21	22	23	24	25	Moyenne	annuelle	Moyenne	annuelle
Profondeur	0-10	30-40	80-90	200-210	230-300	0-15	Ecart	0-15	Ecart
Couleur	10YR 4/3	10YR 6/5	10YR 6/6	10YR 6/6	7.5YR 6/6	10YR 4/3	Maxima à la Moyenne	10YR 5/3	Maxima à la Moyenne
Terre Fine %	100	100	100	100	100	100		100	

RÉSULTATS EXPRIMÉS POUR 100g	FINE	TERRE							
Bases totales mg	Humidité								
	Argile	70	75	79.5	81	79.5	70		
	Limon	5.5	7	7	6.5	8.5	5		
	Sable fin	10.5	9	9	8	8.5	11		
	Sable grossier	2.5	1	2	1.5	1.5	2.5		
Bases échangeables mg	Calcium			0.7			1.5		
	Magnésium			0.4			0.5		
	Potassium			2.66			2.0		
	Sodium			0.96			1.04		
	Somme des BT			4.72			5.04		
P ₂ O ₅ total mg				132.5			202		
Bases échangeables en mg	Calcium	1.65	0.18	0.18			1.46 ± 0.46		3.85 ± 3.75
	Magnésium	0.18	tr.	tr.			0.14 ± 0.04		0.12 ± 0.06
	Potassium	0.26	0.05	0.04			0.29 ± 0.09		0.24 ± 0.03
	Sodium	0.03	0.03	0.03			0.04 ± 0.02		0.05 ± 0.03
	Somme des BE	2.12	0.26	0.25			1.93 ± 0.79		4.26 ± 3.71
	Calcium / Magnésium	9.2	/	/			10.4		32
P ₂ O ₅ Assimil. mg									
Matières Organiques	Carbone %	3.1	0.8	0.4			3.0 ± 0.5		2.5 ± 0.2
	Azote total mg	189	98	84			190 ± 19		169 ± 8
	C / N	16.2	8.3	4.4			15.5 ± 1.1		14.7 ± 0.5
	Mat. org. %	5.3	1.4	0.6			5.1 ± 0.8		4.3 ± 0.4
	Acide hum. mg	188	26	18			201 ± 81		149 ± 53
	Acide Fulv. mg	952	414	164			875 ± 200		851 ± 127
Capacité d'échange		11.4		2.6		2.5	10.6 ± 1.0		10.2 ± 0.9
Degré de saturation		18.6		9.6			18.5 ± 9.8		43.7 ± 37
pH		4.9	5.1	5.3	5.3	5.3	4.9 ± 0.1		5.2 ± 0.5

Remarques sur les conditions écologiques qui président à la vie dans ce sol.

Les mesures d'érosion qui ont été effectuées sur cette catégorie de sol ont montré que le ruissellement (et par conséquent l'érosion) est pratiquement nul sur ce sol à très faible pente.

On peut donc considérer que la totalité des 1150 mm de pluie s'infiltrent dans le sol, mais celui-ci, à cause de sa bonne perméabilité et surtout de l'évapotranspiration importante, passe rapidement par des alternances de saturation en eau et de dessiccation avancée (l'humidité est parfois inférieure au point de flétrissement cf. pl. 29 p. 104).

La végétation de savane joue le rôle d'un écran de faible efficacité du point de vue de la température du sol, et l'on observe des différences importantes entre la température de surface et de profondeur.

- III -

-----;
: SOL ARGILEUX DE PLATEAU DE LA "VALLEE DU NIARI" :
: MIS EN CULTURE :
: -----:

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT :

Près de la Station Agronomique de Maléla (LOUDIMA) en amont de la parcelle dite "de l'essai de dénudation", à une cinquantaine de mètres de l'emplacement précédent (II).

Position topographique

Plateau à pente inférieure à 2 %.

Passé cultural :

La parcelle dans laquelle ont été réalisés les prélèvements fait partie de l'ensemble des terres du Paysannat de la Station Agronomique. Elle a été défrichée et mise en culture en 1959, par les soins de la Station Agronomique suivant les dernières méthodes préconisées pour la Vallée du Niari :

- Mai 1959 : La savane naturelle a été défrichée, les herbes couchées et brûlées, les arbustes déssouchés manuellement et ramassés. A la fin de ce mois, différentes façons culturales ont été effectuées : labour à 15 cm; passage de crosskil; passage de rome-plow; passage de crosskill.

- A la mi-October, épandage de calcaire broyé, type D, à raison de théoriquement 3 t/ha (+) et passage de gobelet-disque pour l'enfouir. Le semis d'arachide a été effectué le 24 October. La récolte effectuée fin Janvier a donné un rendement de 1448 kg. d'arachides en coques à l'hectare.

.../...

(+) - L'épandage de calcaire broyé en début de culture a pour but de diminuer l'acidité naturelle du sol, et de prévenir les phénomènes de toxicité manganique et de dégradation de la structure qu'entraîne, sur ces terres, la culture mécanisée de l'arachide (cf. G. MARTIN : Essai de bilan de quatre années d'Etudes Pédologiques dans la Vallée du Niari - I.E.C. - MC. 90).

- 2ème Cycle : Passage de rome-plow le 23-2-60 après brûlage des fannes d'arachide, et semis d'arachide le 7-3-60 (le prélèvement 302 a été effectué le 11 de ce mois). Récolte de l'arachide au début Juin : 1554 kg. d'arachides en coques/ha ce qui est considéré comme un bon rendement au 2ème cycle.

- Ameublissement du sol par passage de rome-plow puis du crosskill fin Juillet et début Août. Semis de pois d'Angole (50 kg/ha) fin Octobre.

CARACTERES PHYSIQUES.

Au début de cette étude (Novembre 1959 c'est-à-dire 6 mois après le défrichement) les caractéristiques de cette catégorie de sol différaient déjà sensiblement du sol témoin sous savane, et nous avons constaté une diminution sensible de la stabilité structurale et de la perméabilité du sol (cf. pl. 5 bis p. 27). Depuis cette évolution s'est accentuée, et en particulier le taux d'agréats stables après prétraitement au Benzène est passé de 20,7 à 15,4 % .

CARACTERES CHIMIQUES.

L'apport de calcaire broyé, qui a accompagné le défrichement, a eu pour résultat une remontée importante tout au moins au départ de la réaction du sol. Nous verrons dans le chapitre III (p. 76) que par suite d'une solubilisation rapide du calcaire, cet effet bénéfique est de courte durée puisque un an et demi après le défrichement, le pH retombe à la même valeur que sous savane.

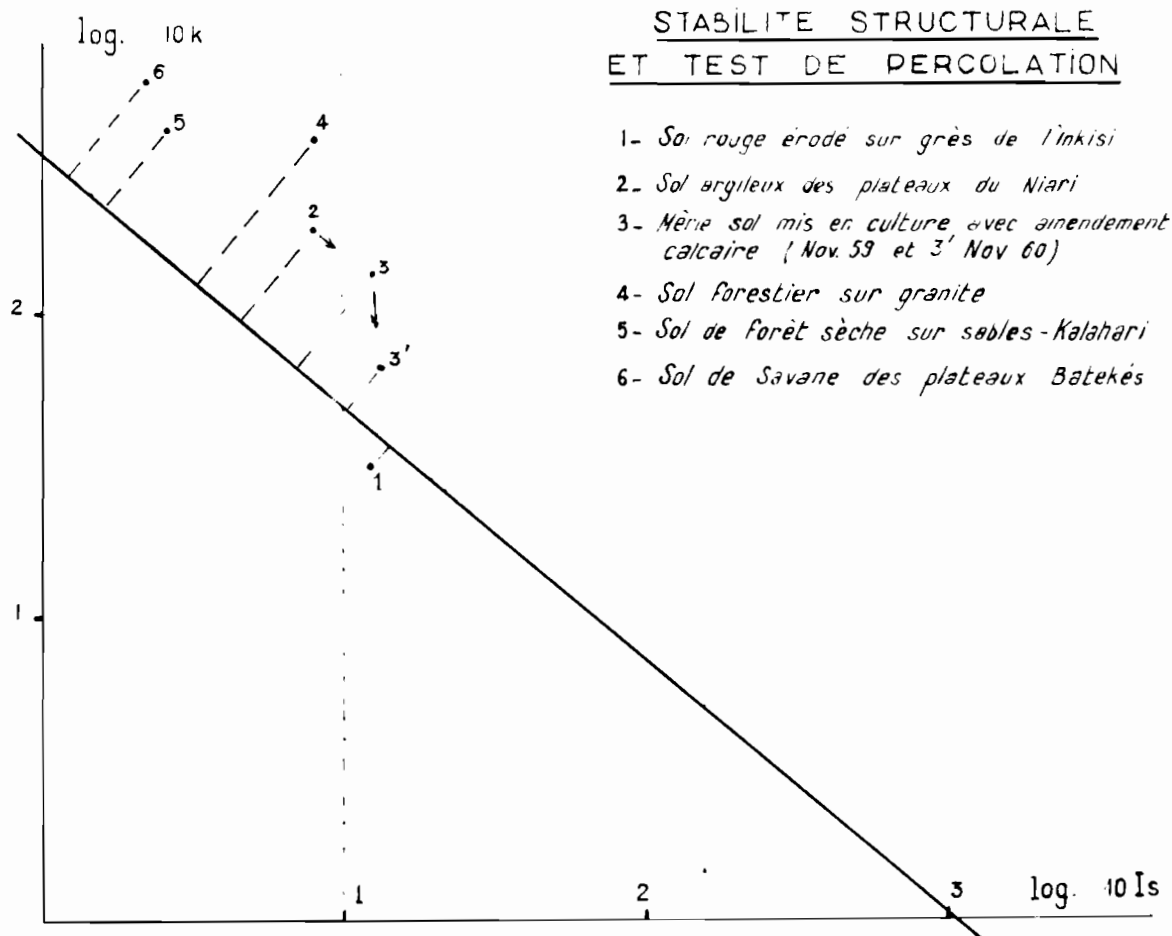
Parallèlement on assiste à une nette diminution de la teneur en matières organiques et en acides humiques tandis que la teneur en acides fulviques reste du même ordre de grandeur.

La mise en culture a d'autre part pour effet une diminution sensible d'environ 10 % de la capacité d'échange pour l'horizon labouré

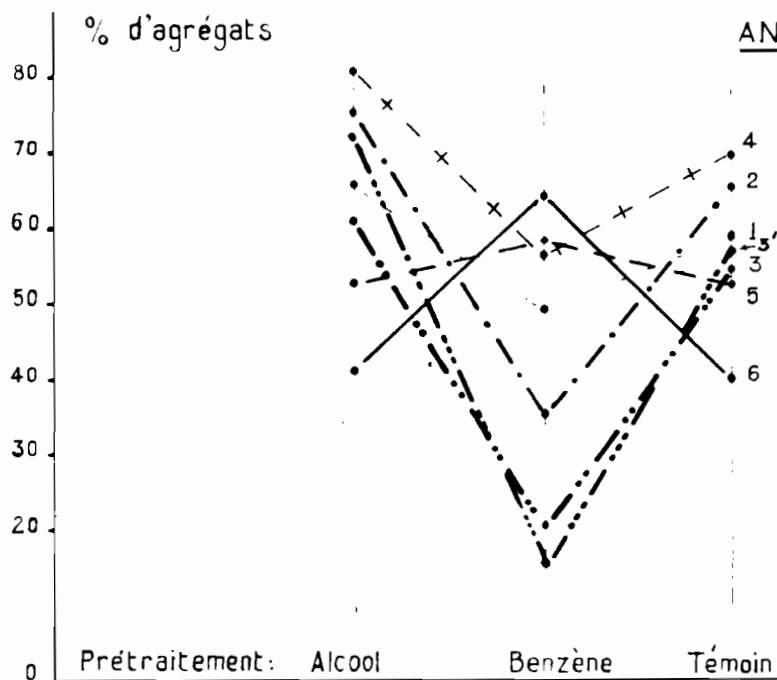
ECHAN- TILLONS	LOCALISATION	PERMEABILITE				CAPACITE DE RETENTION EN EAU (pF: 2,5)	POINT DE FLETRISSE- MENT (pF 4,2)
		L _{cm}	Q _{cc}	K _{cm/h.}	log. 10 K		
1	Sol rouge érodé sur grès de l'Inkisi	5,1	71	3,12	1,49	13,2	9,5
2	Sol argileux Niari (savane)	7,2	294	18,4	2,26	23,8	20,5
3	Sol argileux Niari (cultivé) (Nov.59)	7,0	214	12,9	2,11	23,5	19,6
3	Sol argileux Niari (cultivé) (Nov.60)	6,6	110	6,6	1,82	-	-
4	Sol de forêt sur granite	5,8	730	36,5	2,56	20,8	15,6
5	Sol de forêt sèche sur sables Kalahari	4,0	1124	36,8	2,59	4,8	4,1
6	Sol de savane des plateaux Batékés	5,0	1320	56,8	2,75	7,6	5,0

ECHAN- TILLONS	INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE									
	Agrégats % Prétraitement Alcool	Agrégats % Prétraitement Benzène	Agrégats % sans Prétraitement	Moyenne Agrégats %	Sg. %	0,9 Sg. %	A+ L %	Is	log. 10 Is	Is
1	66,2	49,3	58,5	58,0	37,0	32,2	30,0	1,21	1,08	
2	75,1	35,7	65,6	58,6	2,5	2,2	45,6	0,81	0,91	
3	60,8	20,7	54,9	45,5	2,5	2,2	55,5	1,27	1,10	
3	72,3	14,4	56,2	48,0	2,5	2,2	67,5	1,47	1,17	
4	80,8	56,7	69,9	69,0	34,0	30,6	32,5	0,65	0,93	
5	52,9	58,3	53,3	54,8	39,0	35,1	5,0	0,25	0,40	
6	41,3	64,2	39,3	48,4	15,0	11,7	8,0	0,22	0,34	

STABILITE STRUCTURALE ET TEST DE PERCOLATION



ANALYSE DES AGRÉGATS



- IV -

: SOL JAUNE ARGILE - SABLEUX SUR GRANITE :
: FORME SOUS FORET HUMIDE ANCIENNE :

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT :

Plantation de la Société Anonyme des Plantations de KOMONO, M'Bila par KOMONO, à 250 m. de la plantation de caféiers.

FACTEURS D'EVOLUTION DE CE SOL.

I. LE CLIMAT (cf. planche 6 , p. 29 KOMONO-M'BILA).

Il est de type "gabonais" et se caractérise par une pluviosité élevée (1847 mm) et une tension de vapeur toujours élevée comprise entre 25 et 28 mbars (respectivement pour les mois de Juillet et Mars).

Il existe cependant une saison sèche très marquée (en moyenne du 20 Mai au 10 Octobre, soit environ 140 jours).

Cette longue saison sèche est accompagnée d'une température relativement basse, d'une nébulosité presque permanente avec comme corrolaire une insolation très réduite (1 h. par jour en Juillet, 2 h. en Août et Septembre à SIBITI).

La température moyenne (23,2°C. pour l'année) présente un minimum pendant les 4 mois de saison sèche, et l'on observe des minima absolus parfois inférieurs à 10°.

La pluviosité annuelle est soumise à des grandes variations (1200 à 2200 mm.) et la saison des pluies est continue; la petite saison sèche est pratiquement inexistante.

L'humidité relative reste très élevée tout le long de l'année (83,1 % à SIBITI) avec un minimum en mars de 80,3 et un maximum en Juillet de 86,9. Cependant l'humidité relative maxima varie en moyenne entre 97,4 et 99,2 tandis que les minima moyens ne descendent pas en dessous de 62,9.

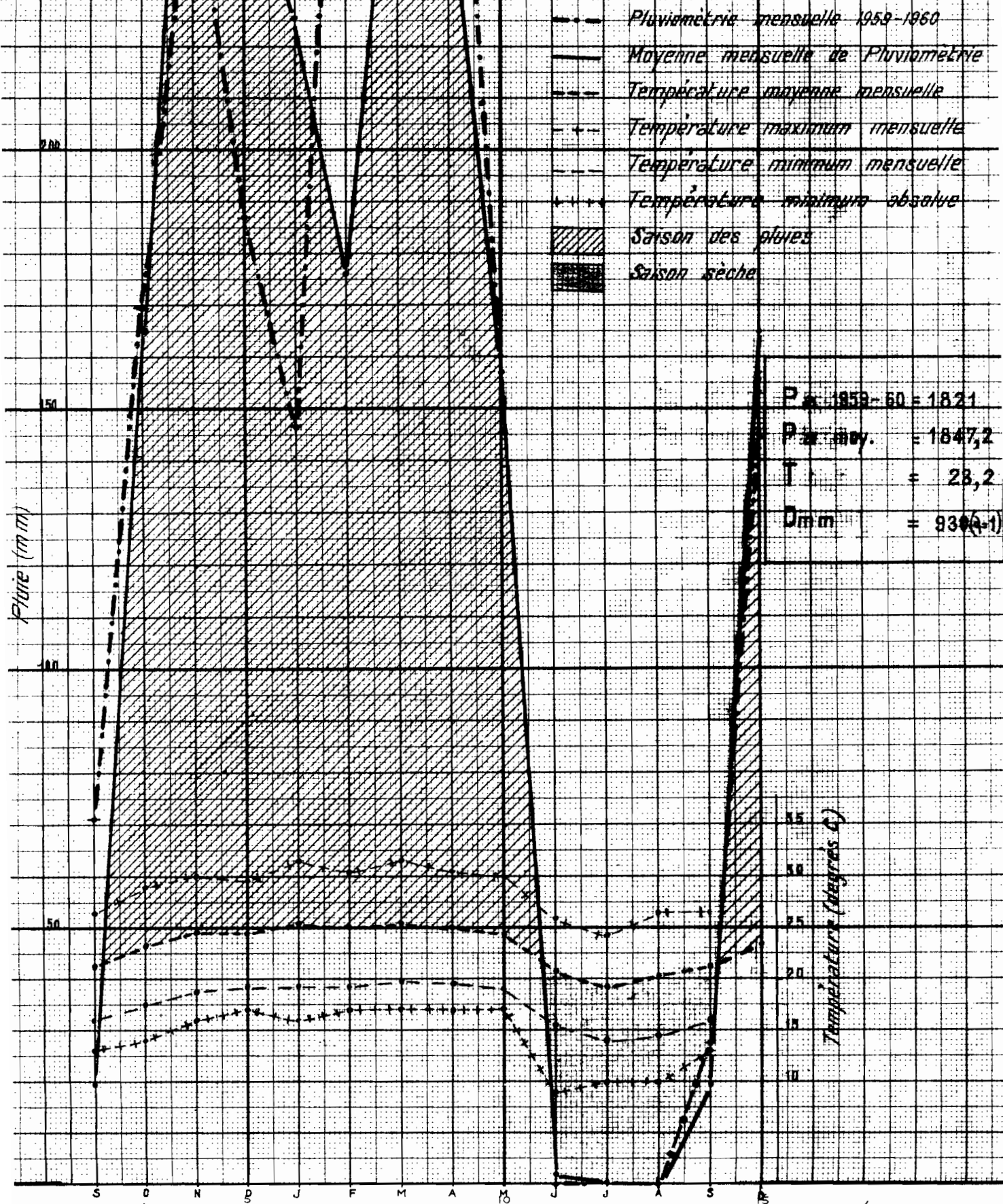
L'évaporation est réduite (474 mm à SIBITI) du fait semble-t-il de l'ambiance forestière. Elle présente un maximum en fin de saison sèche.

KOMOND
(M'BILA)

(08° 11 S)

(18° 20 E)

(470 m)



2. ROCHE-MERE.

C'est un granite du précambrien inférieur.

3. POSITION TOPOGRAPHIQUE.

Plateau à pente extrêmement faible.

4. VEGETATION.

Forêt humide ancienne, à dominance de CYNOMETRA sp. (cf. relevé floristique p.123).

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DU SOL.

Sol jaune, argilo-sableux, profond, toujours humide à cause du couvert forestier. La matière organique bien évoluée est analogue morphologiquement au mull forestier : Litière de feuilles mortes, très peu épaisse, posée sur l'horizon humifère brun à tendance grumeleuse,

L'horizon humifère fait place progressivement à un horizon jaune argilo-sableux, un peu plus argileux en profondeur.

Description du profil.

0 - 2 cm. : Sous une litière peu épaisse (moins d'un cm) formée de feuilles mortes, avec quelques myceliums blanchâtres en sa partie inférieure, on observe un horizon brun très sombre (10 YR 2/2), argilo-sableux, dont la structure grumeleuse résulte du mélange intime de la matière organique et des matières minérales. Bonne porosité, présence de vers de terre.

2 - 16 cm. : Horizon humifère brun sombre (10 YR 4/3) Argilo-sableux, grumeleux à nuciforme petit, cohésion faible et bonne porosité. Présence de nombreuses racines.
Sans solution de continuité on passe à :

.../...

16 à plus de 500 cm. : Un horizon brun jaunâtre (10 YR 5/8 à 5/6), un peu plus argileux, à structure micropolyédrique avec quelques racines jusqu'à 60 cm, puis vers 300 cm. et de très rares petits gravillons ferrugineux noirâtres épars dans la masse argilo-sableuses (à partir de 2 m,50).

Remarque : Cette description ne rend compte que de la partie supérieure du profil (5 premiers mètres); des observations faites sur des sols analogues ont montré que cette masse argilo-sableuse recouvre généralement un horizon riche en éléments grossiers (gravillons et morceaux de granite altéré et ferruginisé) qui repose à son tour sur l'horizon d'altération du granite.

Prélèvements : FL 41 (0-5 cm.), FL 42 (5-15 cm.), FL 43 (120-130 cm.),
FL 44 (240-250 cm.), FL 45 (320-325 cm.), FL 46 (345-355cm.),
FL 47 (430-440 cm.), FL 48 (490-500 cm.).

Morphoscopie des sable :

Teinte générale jaune-roux, dominance de sables de grande taille, avec surtout des non-usés à toutes les tailles. Les grains sont plus ou moins ~~sabls~~ avec des recouvrements d'oxydes de fer plus fréquents dans les grandes tailles. Absence d'autres minéraux et de concrétions ferrugineuses.

CARACTERES PHYSIQUES.

Sol argilo-sableux, à perméabilité élevée et à stabilité structurale moyenne en surface (voir p.26 et planche 5 bis, p. 27). Ce sol a une capacité de rétention moyenne (~~20,8%~~ ^{20,8%}); l'humidité du sol reste constamment voisine de ce même taux pendant la saison de pluies. On observe seulement une faible diminution de la teneur en eau au cours de la saison sèche (voir planche 29 p.104).

CARACTERES CHIMIQUES. (cf. planche 7 , p. 31).

Sol très acide (pH : voisin de 4 en surface), à complexe absorbant essentiellement d'origine organique, très faiblement saturé.

.../...

SOL DE FORÊT HUMIDE SUR GRANITE

Profil

Prélèvement agronomique

RÉSULTATS EXPRIMÉS POUR 100g. DE TERRE FINE											
N° Echantillon		41	42	43	44	45	46	47	48	Moyenne annuelle	
Profondeur		0-5	5-15	120-130	240-250	320-325	345-355	430-440	490-500	0-15	Ecart
Couleur		10 YR 4/2	10 YR 6/4	10 YR 7/6	10 YR 7/6	10 YR 7/6	10 YR 7/6	10 YR 7/6	10 YR 7/6	10 YR 5/3	Maxime à la moyen
Terre Fine %		100	100	100	99.7	98.8	97.3	96	98	100	
Granulométrie %	Humidité									4.1	
	Argile	40	45	54	53	52	54	51	52	45	
	Limon	1	0,5	1	2	2,5	2,5	1	0,5	1	
	Sable fin	10	10	9	9	8,5	9	8	7,5	9	
	Sable grossier	33	36	33	33	34,5	31,5	37,5	37,5	34	
Bases Totales en mg.	Calcium			0,4							
	Magnésium			0,18							
	Potassium			1,13							
	Sodium			0,87							
	Somme des BT			2,58							
P ₂ O ₅ total mg.				91,5							
Bases échange en mg.	Calcium	0,35	0,24	0,03						0,30	± 0,08
	Magnésium	0,19	tr.	tr.						0,05	± 0,07
	Potassium	0,39	0,08	0,02						0,16	± 0,04
	Sodium	0,04	0,02	0,01						0,04	± 0,01
	Somme des BE	0,97	0,34	0,06						0,55	± 0,09
	Calcium / Magnésium	1,8								6	
P ₂ O ₅ Assimil. mg.											
Matières Organiques	Carbone %	7,1	1,6	0,5						4,7	± 0,6
	Azote total mg	490	154	70						327	± 44
	C / N	14,5	10,1	6,7						14,4	± 0,7
	Mat. org. %	12,3	2,7	0,8						8,1	± 0,9
	Acide hum. mg.	876	26	14						424	± 206
	Acide fulv. mg	1440	808	378						1097	± 141
Capacité d'échange		11,6		2,3				2,0		8,2	± 1,2
Degré de saturation		8,4		2,6						7,3	± 0,8
pH		4,1	4,3	4,7	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7	4,0	± 0,1

La richesse en éléments échangeables devient très faible dès que l'on quitte les horizons humifères; la réserve minérale est d'ailleurs très peu élevée (2,6 me/100 g.).

Par contre les horizons humifères sont riches en matières organiques spécialement dans les 5 premiers cm. du profil. Cette matière organique est assez évoluée (C/N de 10 dans l'horizon A₁). Si la teneur en acides humiques est élevée en surface, elle décroît rapidement en profondeur; au contraire les acides fulviques migrent en assez grande quantité jusqu'à plus d'un mètre.

Remarques sur les conditions écologiques qui président à la vie dans ce sol :

Le couvert forestier dense maintient la surface du sol dans la pénombre et en atmosphère semi-confinée. L'ensemble du profil reste humide en permanence. C'est pourquoi les vers de terre peuvent se développer en grand nombre. La température du sol en surface subit de faibles variations,

— — — — —

: SOL DE FORET SECHE, FORME SUR SABLES KALAHARI REMANIES :

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT.

Réserve forestière de la Tsiamba (environ de Brazzaville), à 600 m. au S-E. du carrefour dit de "l'avocatier".

FACTEURS D'EVOLUTION DE CE SOL.

I. CLIMAT (cf. planche 8 , p. 34 : Brazzaville Maya-Maya).

De type "Bas-Congolais" ce climat comporte une saison sèche de 135 jours en moyenne (du 16 Mai au 29 Septembre) qui coïncide avec un minimum de tension de vapeur.

La pluviosité annuelle est en moyenne de 1467 mm mais suivant les années peut atteindre 1689 mm ou tomber à 1274. La petite saison sèche qui n'est marquée que par un ralentissement de la pluviométrie a lieu suivant les années entre la fin décembre et la fin février.

La température moyenne mensuelle est comprise entre 21,29° et 26,20°C. (moyenne annuelle 24,76°). Mais la température absolue peut descendre jusqu'à 10,3° au cours de la saison sèche.

L'humidité relative toujours très élevée atteint son maximum en mai (humidité relative en moyenne 82,7 %) et son minimum en fin de saison sèche septembre (69,8 %).

2. ROCHE-MERE.

C'est un matériau sableux remanié issu des formations des plateaux Batékés. La dominance d'émoussés luisants dans les sables semble indiquer que ~~ce matériau~~ provient principalement des "limons sableux".

3. POSITION TOPOGRAPHIQUE.

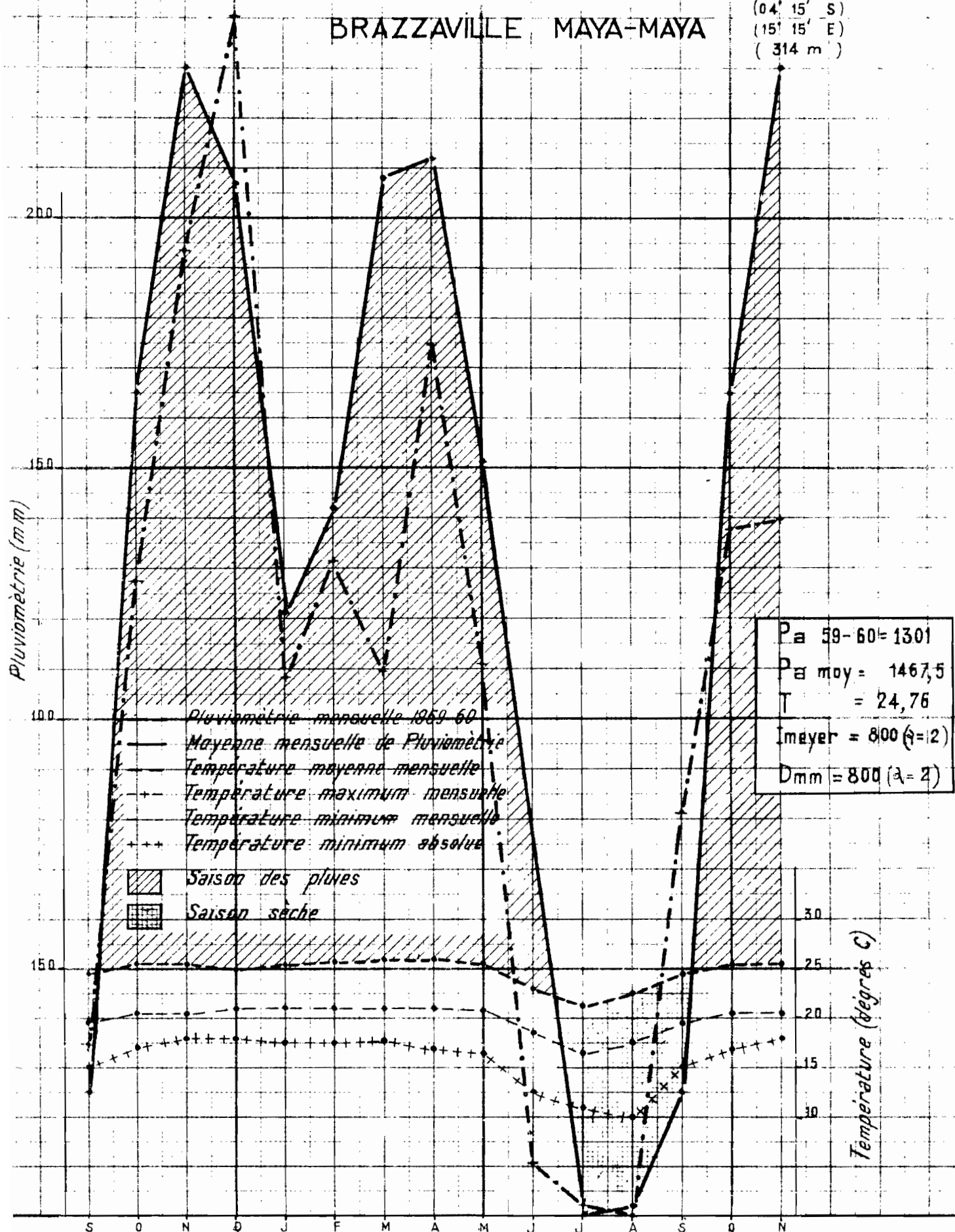
Zône plate .

4. VEGETATION.

Forêt sèche à Hymenocardia ulmoides, riche en lianes (cf. Relevé floristique p.125)

BRAZZAVILLE MAYA-MAYA

(04° 15' S)
(15° 15' E)
(314 m)



CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES :

Sol sableux, formé sous une litière assez épaisse et présentant un horizon humifère, noirâtre, riche en sables déliés surtout dans sa partie supérieure.

Description du profil.

0- 30 cm. : Sous une litière de 5 cm. d'épaisseur, contenant des feuilles mortes, des brindilles, riche en racines rougeâtres, plus ou moins vivantes, et contenant en abondance des sables nus et déliés; on observe un horizon humifère brun très sombre (10 YR 2/2) constitué par un mélange de sables déliés et nus et de petits agrégats humifères brun noirâtres, et quelques morceaux de charbon de bois (+).

La partie inférieure de l'horizon paraît un peu plus foncée par suite de la moindre importance des sables déliés. L'ensemble est particulaire. Présence de racines jusqu'à 50 cm.

30 - 100 cm.: Horizon de pénétration humifère, brun sombre (10 YR 4/3) en sa partie supérieure, un peu jaunâtre en sa partie inférieure, sableux à structure particulaire sans agrégation d'ensemble. La pénétration de la matière organique est homogène et décroît progressivement en intensité. Présence de quelques racines assez grosses mais peu nombreuses.

100 à plus de 400 : Sableux, brun jaunâtre (10 YR 5/4) à sables recouverts d'hydroxydes de fer et à agrégation faible.

Prélèvements : FL 51 (0-10 cm), FL 52 (40-50 cm), FL 53 (105-120 cm)
FL 54 (300-310 cm), FL 55 (320-390 cm).

Morphoscopie des sables :

Dominance de quartz émoussés luisants avec quelques ronds mats de taille supérieure, et quelques gros mats émoussés.

.../...

CARACTERES PHYSIQUES.

Sol sableux à grande perméabilité et à capacité de rétention très faible (cf. p. 26 et planche 5 bis, p. 27).

CARACTERES CHIMIQUES (cf. planche 9 p. 37).

Sol acide (pH : 4,4) dont le complexe absorbant (essentiellement d'origine organique) est peu important (3 me/100 g. en surface) et presque complètement désaturé.

La réserve minérale du sol proprement dit est très faible (moins de 2 me/100 g.) et la teneur en bases échangeables presque nulle. (0,1 me/100 g. pour l'horizon humifère). En plus de la litière qui représente environ 15 t. de débris organiques à l'hectare, le sol possède une matière organique assez abondante et qui migre profondément dans le profil; elle appartient à un type intermédiaire entre le mor et le moder, et semble avoir une action peu favorable sur l'évolution de ce sol : entraînement des hydroxydes de recouvrement dans l'horizon de surface.

Conditions écologiques qui président à la vie dans ce sol :

La forêt sèche qui recouvre le sol fournit un ombrage relativement dense, et limite avec la litière les variations de température du sol .

La matière organique a un comportement vis-à-vis de l'eau, totalement différent suivant qu'elle est humide ou sèche. (v.p. 105)

En effet quand le sol est sec, les gouttes d'eau de pluie restent comme posées sur le sol et la matière organique joue un rôle d'anti-mouillant.

Quand le sol est humide au contraire, la matière organique ne s'oppose nullement à la pénétration de l'eau dans le sol qui est alors très perméable. On assiste donc au paradoxe de voir ruisseler l'eau en début de pluie, quand le sol n'est pas encore bien humecté, alors que du fait de sa nature sableuse ce sol est très perméable.

Macrofaune : Présence de nombreux Diplopodes.

SOL DE FORÊT SÈCHE SUR SABLES KALAHARI REMANIÉ

		PROFIL										Prélèvement Agronomique	
N° Echantillon	Lièrre	51	52	53	54	55		Moyenne annuelle					
Profondeur		0-10	40-50	105-120	300-310	320-330		0-15		Ecart			
Couleur		10 YR 4/4	10 YR 4/3	10 YR 5/4	10 YR 6/6	10 YR 6/6		10 YR 4/4		Maxime			
Terre fine %	82%	99.9	100	100	100	100		99.6		à la			
										Moyenne			
RÉSULTATS EXPRIMÉS POUR 100g. DE TERRE FINE	Granulométrie %	Humidité	2					1,2		± 0,2			
		Argile	6	5,5	6	5	6	5					
		Limon	0,5	0	1	2,5	2,5	1					
		Sable fin	49	67	50	58	51,5	50,5					
		Sable grossier	39	35	41	35,5	39	39					
	Bases totales en mg.	Calcium	1,4		0,3			0,3					
		Magnésium	0,75		0,25			0,51					
		Potassium	0,80		0,31			0,31					
		Sodium	4,48		0,87			0,83					
		Somme des BT	4,63		1,73			1,95					
	P ₂ O ₅ total mg.		58		31			46,5					
	Bases échange en mg.	Calcium	0,03	0,03	0,03			0,04		± 0,03			
		Magnésium	tr.	tr.	tr.			tr.					
		Potassium	0,04	0,02	0,02			0,03		± 0,01			
		Sodium	0,02	0,01	0,01			0,02		± 0,01			
		Somme des BE	0,09	0,06	0,06			0,09		± 0,04			
	P ₂ O ₅ Assimil. mg.												
	Matières Organiques	Carbone %	2,2	0,9	0,4			2,5		± 0,5			
		Azote total mg	164	67	42			121		± 20			
		C / N	13,2	13,0	9,9			12,9		± 0,8			
		Mat. org. %	12,8	3,7	1,6	0,7		4,0		± 0,6			
		Acide hum. mg.	324	76	21			417		± 75			
		Acide fulv. mg.	432	472	288			381		± 160			
	Capacité d'échange		2,1		1	0,5		4,6		± 1,2			
	Degré de saturation		2,9		6			2,2		± 1,2			
	pH		4,4	4,9	4,7	5,1	5,2	4,4		± 0,2			

SOL DE SAVANE SUR SABLES KALAHARI (PLATEAU BATEKE)

EMPLACEMENT DE PRELEVEMENT :

A 1,5 km à partir du carrefour, sur la bretelle conduisant à Massa, à 100 m, au Nord de la piste (Altitude 685 m).

FACTEURS D'EVOLUTION DE CE SOL.

I. LE CLIMAT (cf. planche 10 p. 38 : Inoni, situé à environ 75 km à vol d'oiseau de la Station d'observation).

Il est du type "Congolais méridional" et fait transition entre le type guinéen-forestier et le type bas-congolais.

Il se caractérise par une saison sèche d'environ 3 mois et demi.

La pluviosité annuelle est nettement plus élevée que dans le climat bas-congolais puisque la hauteur de précipitation annuelle est de 1877 mm à Inoni, ce qui semble dû au moins en partie à l'altitude. Le maximum de pluviosité intervient en Mars et Avril.

La température moyenne annuelle est de 23°,3 et les variations de la température moyenne au cours de l'année ne sont que de 2°.

La température minima absolue est de 14,7° (Juin et Juillet).

La tension de vapeur d'eau annuelle est la moins élevée de celles observées au Congo et l'amplitude des variations annuelles reste faible. L'humidité relative est cependant élevée, quoique les minima mensuels descendent en Août à 50 %. L'évaporation voisine de 770 mm dans l'année atteint pour le seul mois d'Août 100 mm.

2. ROCHE-MERE.

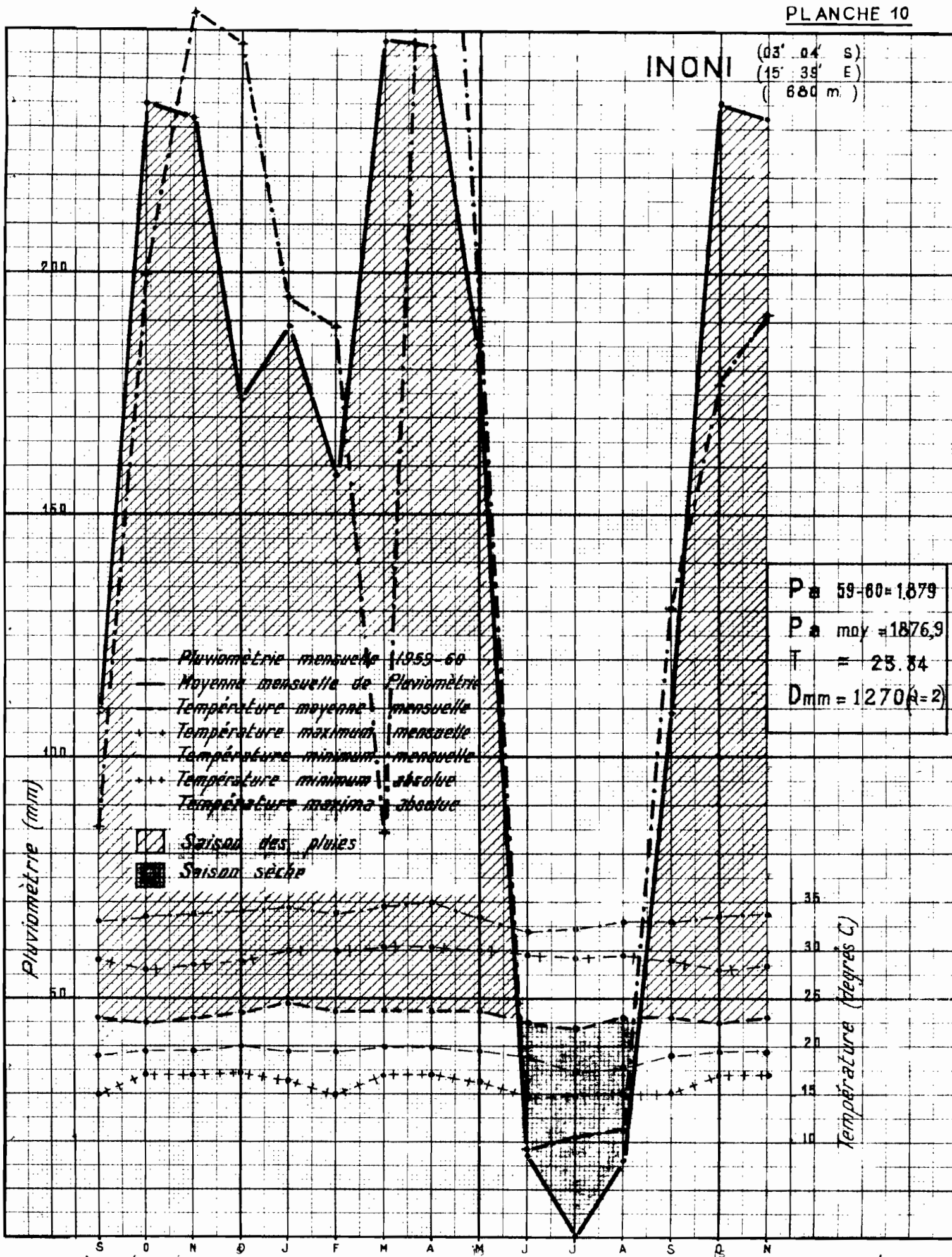
C'est une formation sableuse dite "limon sableux" de la série des plateaux Batékés, qui est constitué de sables fins éoliens de couleur ocres.

3. POSITION TOPOGRAPHIQUE.

Terrain plat.

INONI

(03° 04' S)
(15° 39' E)
(880 m)



P = 59-60 = 1879
P moy = 1876,9
T = 25.34
Dmm = 1270 (A=2)

4. VEGETATION.

Savane faiblement arbustive (*Anona arenaria*) à *Trachypogon Thollonii* d'aspect presque steppique (cf. relevé floristique p.126).

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES.

Sol finement sableux, dont l'horizon humifère noirâtre a plus d'un mètre d'épaisseur.

Les horizons inférieurs d'abord un peu plus argileux contiennent un niveau de sables ferruginisés.

Description du profil.

- 0 - 70 cm. : Horizon très humifère, finement sableux, noir (10 YR 2/0) en surface devenant gris très sombre (10 YR 3/1) à la base de l'horizon. On observe quelques sables déliés spécialement à la surface du sol. Structure grumeleuse à cohésion très faible surtout due au chevelu racinaire des graminées, qui devient par la suite nuciforme mais à cohésion très faible. Bonne porosité.
- 70 - 110 cm. : Horizon de passage, finement sableux, la pénétration humifère devient moins homogène et la matière organique forme des taches brun-noirâtre dans la masse brun-jaunâtre.
- 110 - 300 cm. : Horizon brun-jaunâtre (10 YR 5/4) finement sableux mais avec un peu plus d'argile, les taches de matières organiques deviennent de plus en plus rares, la structure devient polyédrique moyen, mais peu cohérente, se résolvant en particulière.
- 300 à 420 cm. : Horizon un peu plus brun (7,5 YR 4/4) légèrement moins argileux, caractérisé par une ferrugination plus importante des sables et la présence de pseudo-sables en plus grandes quantités.
- 420 à plus de 500 cm. : Horizon brun (7,5 YR 5/6), toujours finement sableux avec des sables moins ferruginisés.

Prélèvements : FL 61 (0-10 cm.), FL 62 (40-50 cm.), FL 63 (110-130 cm.),
FL 64 (300-310 cm.), FL 65 (390-400 cm.), FL 66 (440-450 cm.),
FL 67 (490-500 cm.).

Morphoscopie des sables :

Dominance d'émoussés luisants (luisants limpides) de taille plus fine que pour le sol précédent, avec des recouvrements d'oxydes de fer assez fréquents. Quelques rares ronds mats, ainsi que quelques concrétions de fer et de pseudo-sables.

CARACTERES PHYSIQUES.

Sol finement sableux (70 % de sables fins) à perméabilité élevée et à faible capacité de rétention (cf. p. 26 et planche p. 27).

CARACTERES CHIMIQUES (cf. planche 11 p. 41).

Sol acide (pH : 5,4 en surface), à complexe absorbant (surtout d'origine organique) peu important (4 me/100 g. pour l'horizon de surface).

La réserve minérale est très faible (2,5 me/100 g. en surface) et la fraction échangeable, concentrée dans les premiers centimètres du profil, est de l'ordre du milliéquivalent pour 100 g. de terre. La matière organique qui se répartit sur plus d'un mètre du profil est assez peu évoluée et les horizons profonds sont riches en acides fulviques.

Comme le montre le tableau ci-joint, on observe une nette augmentation du fer libre avec le pourcentage de fer libre par rapport à l'argile, paraît indiquer une accumulation qui est d'ailleurs visible sur le profil.

Ech. N°	Prof. cm.	Fe 203 libre mg. pour 100g. de sol	Fe 203 libre par rapport à l'argile.
FL 61	0-10	1,0	10,5
FL 62	40-50	1,4	15
FL 64	300-310	1,6	23
FL 65	390-400	1,7	12
FL 67	490-500	1,7	15,5

Toutefois avant de conclure à un

phénomène de lessivage du fer qui d'ailleurs est possible dans les conditions de pédoclimat actuel, il faudrait être certain de l'homogénéité du matériau originel sur l'ensemble du profil.

SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉS

		SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉS									
		PROFIL							Prélèvement Agron.		
N° d'échantillon		61	62	63	64	65	66	67	Moyenne annuelle		
Profondeur		0-10	40-50	110-130	300-310	390-400	440-450	490-500	0-15	Ecart s Maxima à la Moyenne	
Couleur		10YR 3/2	10YR 4/2	10YR 5/6	10YR 5/6	10YR 5/6	10YR 5/6	10YR 5/6	10YR 3/2		
Terre Fine %		99,7	100	100	100	100	100	100	99,2		
RÉSULTATS EXPRESSÉS POUR LA TERRE FINE	Granulimétrie %	Humidité							2		
		Argile	10,5	11	14	14	7	8,5	9	8	
		Limon	1,5	1	2	2,5	3,5	4	4	2	
		Sable fin	70	71	67	67	71	70	67	73	
		Sable grossier	14,5	15,5	15	14,5	16	16,5	17	13	
	Eléments minéraux	Calcium			0,3					0,9	
		Magnésium			0,26					0,45	
		Potassium			0,31					0,31	
		Sodium			0,87					0,87	
		Somme des B.T.			1,74					2,53	
	P ₂ O ₅ total mg				46,5					79	
	Bases échangeables en meq	Calcium	0,75	0,05	0,03					0,63	± 0,15
		Magnésium	0,28	tr.	tr.					0,17	± 0,09
		Potassium	0,09	0,02	0,01					0,07	± 0,02
		Sodium	0,03	0,01	0,01					0,02	± 0,01
		Somme des BE	1,15	0,08	0,05					0,89	± 0,24
		Calcium / Magnésium	2,7	~	~					3,7	
	P ₂ O ₅ Assimil. mg.										
	Matières Organiques	Carbone %	1,4	1,3	0,4					1,45	± 0,15
		Azote total mg	88	63	43					97	± 22
		C / N	16	19,5	9,9					15,3	± 4,5
		Mat. org. %	2,4	2,2	0,7					2,5	± 0,3
		Acide hum. mg.	205	140	26					362	± 88
		Acide fulv. mg.	478	580	378					467	± 117
	Capacité d'échange		3,4		1,0	1,6				4,25	± 0,95
	Degré de saturation		33,8		5					21	± 3
	pH		5,5	5,2	5,3	5,4	5,1	5,0	5,2	5,4	± 0,3

Conditions écologiques qui président à la vie dans ce sol :

La végétation d'un type steppique fournit une faible protection thermique à ce sol; de plus il est souvent parcouru par des feux précoces (par exemple Février pour l'année d'observation) et reste donc souvent dénudé pendant plusieurs mois de saison des pluies.

La perméabilité élevée ne permet pas de ruissellement, l'on peut considérer que les 1800 mm de pluie annuels s'infiltrant rapidement dans ce sol à faible capacité de rétention.

Du point de vue faune il faut noter en plus des termites (termitières champignons), la présence de nombreux rongeurs qui jouent un rôle très important dans l'ameublissement de l' horizon humifère et contribuent par leurs anciennes galeries à la pénétration de matières organiques dans le sol.

— — — — —

Ces sols, qui diffèrent entre eux par la nature des matériaux dont ils sont issus, mais encore par le milieu dans lequel ils évoluent (végétation et climat), subissent des évolutions nettement dissemblables.

Leurs propriétés morphologiques, physiques et chimiques, résumées dans le tableau comparatif ci-dessous p. 44, présentent une grande diversité.

Il ne paraît donc pas possible de trouver des analogies entre ces sols qui n'ont en commun qu'une seule propriété : la pauvreté en éléments minéraux échangeables et leur faible réserve minérale; encore que de ce point de vue, certains sols doivent être considérés comme relativement moins pauvres (2) que d'autres (1 et 5).

— — — — —

CLIMAT.

PROPRIETES CHIMIQUES. PROPRIETES PHYSIQUES.

	1	2	3	4	5	6
Catégorie de Sol et Végétation	Sol rouge érodé sur grès de l'Inkimi	Sol jaune argileux de la Vallée du Niari		Sol de forêt humide du massif granitique du Chaillu	Sol de forêt sèche sur sables Kalahari remaniés	Sol de Savane des Plateaux Batékés
	Sous Savane	Sous savane	Sous culture			
Pluviosité moyenne annuelle (mm)	1293	1174	1174	1847	1467,5	1877
Indice de drainage calculé (mm)	270	320	320	930	800	1270
Indice de Meyer	-	200	200	-	298	-
Durée de la saison sèche (jours)	135	150	150	140	135	105
Matériaux originels	grès	matériau argileux de nature kaolinique riche en hydroxydes.		Granite	Sabl. remaniés	Sabl. Kalahari
Texture	Sablo-Arg.	Argileuse	Argileuse	Argilo-Sabl.	Sableuse	Fint. -Sabl.
Capac. de rétention	13,2	23,8	23,5	20,8	4,8	7,6
Indice de perméabilité K (cm/h).	3,12	18,4	12,9	36,5	36,8	56,8
Indice d'instabilité structurale	1,21	0,84	1,27	0,65	0,25	0,22
pH (Horizon 0-15)	4,7	4,9	5,2	4,0	4,4	5,4
Somme des bases échangeables (még/100g. (Horiz. 0-15)	0,33	1,93	4,26	0,55	0,09	0,89
Réserve minérale bases totales még/100g.	3,7	5,04	(12,4)	3,27	1,95	2,5
Matière org. (%) (horizon 0-15)	2,3	5,1	4,3	8,1	4,0	2,5
C/N	11,3	15,5	14,7	14,4	12,9	15,3

CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES DES SOLS ETUDIES

L'aspect de la microflore, qui dépend étroitement des propriétés écologiques, physiques et chimiques du sol constitue un critère de caractérisation des sols au même titre que les caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques (21).

Cependant les différents "paysages bactériens" que nous avons observés présentent des variations saisonnières beaucoup plus importantes que les caractéristiques physiques et chimiques de ces mêmes sols. Le problème de la représentativité des échantillons de terre analysés, en fonction de la saison (cf. introduction p. 10) se pose donc ici avec beaucoup plus d'acuité.

Ainsi, il paraît nécessaire pour caractériser la microflore de ces sols, d'envisager une description dynamique ; c'est pourquoi nous présentons à côté des résultats moyens, les valeurs minima et maxima observées au cours de l'année.

Le sens et les modalités des variations saisonnières, qui d'ailleurs peuvent contribuer à la caractérisation des sols, seront étudiées au chapitre III.

SOL ROUGE ERODE SUR GRES DE L'INKISI SOUS SAVANE

Ce sol présente une activité biologique globale très faible.
Les principales caractéristiques biologiques sont les suivantes :

CYCLE DE L'AZOTE

La densité de germes fixateurs d'azote aérobies est très faible.

Ces germes , que nous avons jusqu'ici toujours observés dans les sols du Congo, se développent sur milieu glucosé, sans azote, à pH 6 (v. annexe p. 115) et donnent naissance à des colonies muqueuses, moyennement extensives, légèrement bombées, transparentes et non colorées. Les vieilles colonies (plus d'un mois après l'ensemencement) ne brunissent pratiquement pas; le mucus devient généralement plus consistant, et le développement se fait à la fois en hauteur et en largeur.

Microscopiquement, on observe très rapidement pour les cultures sur glucose à côté de cocci de petites tailles la présence de gros kystes. Le pyruvate et le benzoate de sodium paraissent ne pas bien convenir à la nutrition carbonnée de ces germes et l'on n'observe pas de brunissement sur milieu au benzoate de sodium.

Ce sol contient d'autre part quelques rares fixateurs d'azote aérobie du groupe Beijerinckia, donnant des colonies mucilagineuses, de couleur jaune clair ou rougeâtre, lisses ou plissées et plus ou moins consistantes suivant les formes. Microscopiquement, ce sont des bâtonnets droits ou légèrement incurvés, caractérisés par la présence de granulations réfringentes aux extrémités.

Enfin le rendement de fixation de cette terre est moyen à faible.

L'Activité ammonifiante est faible à moyenne

L'Activité nitrifiante paraît très faible.

Les résultats entre parenthèses qui sont inclus dans les tableaux, ne correspondent pas à une moyenne sur tous les prélèvements de l'année. Ils sont tout de même donnés à titre indicatif.

NATURE		SOL ROUGE ÉRODÉ SUR GRÈS DE L'INKISI					
Profondeur et nature des prélèvements		0 - 15 cm			0 - 5 cm		
		Moyenne sur une année	min. observés	max. observés	Moyenne sur une année	min. observés	max. observés
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>							
Fixation d'Azote	Azotobacter sp.	40	12	48	50	15	95
aérobie	Beijerinckia sp.	(1)	0	6	(1)	0	6
RENDEMENT de Fixation		2.9	2,6	3,3	3.1	2,7	3,4
AMMONIFICATION de l'urée		114	91	126	124	112	131
NITRIFICATION							
Ferments nitreux							
Temps de latence		>60	>60	>60	>60	>60	>60
Fin de la nitrification		>60	>60	>60	>60	>60	>60
Ferments nitriques							
Fin de la nitrification		>60	>60	>60	>60	>60	>60
DÉNITRIFICATION		(18 × 10 ⁵)					
AZOTE MINERAL Total		1.2	0.3	2.7			
	ammoniacal	0.5	0.1	0.9			
	nitrique	0.7	0.2	2.0			
AZOTE ORGANIQUE		116	105	126	123	91	136
Azote Minéralisable		- 0.1	- 0.7	+ 1.0	+ 1.5	+ 0.3	2.4
Taux de minéralisation de l'Azote		0	- 0.56	0.95	1.22	0.22	2.01
<u>CYCLE DU CARBONE</u>							
Carbone organique (%)		1.3	1.1	1.4	1.6	1.2	1.9
Dégagement de gaz carbonique		20	12	23	29	22	45
Taux de minéralisation du carbone		0.41	0.27	0.50	0.52	0.36	0.75
Cellulolyse aérobie		550	250	1000	700	250	1500
Indice de consommation du glucose		(40)					
Taux de saccharase		(320)			(700)		
Germs minéralisant les sels organiques du Fer:							
	sans ↓	(35 × 10 ⁵)					
	avec ↓	(25 × 10 ⁵)					
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspengil.)		Traces			Traces		

Par contre la densité de germes réduisant les nitrates est assez élevée.

Enfin la minéralisation de l'azote organique qui paraît moyennement active ~~dans~~ les premiers cm. du sol est très faible et parfois négative plus en profondeur (0 - 15 cm).

Remarque : Certains sols congolais, tel que celui étudié, présentent parfois un bilan de l'azote minéralisable négatif. C'est-à-dire qu'au cours de l'incubation pendant 28 jours, la quantité d'azote minéral consommé ainsi que les pertes (azote ammoniacal essentiellement) sont supérieures aux quantités d'azote minéralisé. Tout ce passe donc comme si, il y avait au total une transformation d'azote minéral en azote organique, ou "réorganisation de l'azote".

CYCLE DU CARBONE

Le dégagement de gaz carbonique est faible, mais le taux de matières organiques étant peu élevé, le taux de minéralisation du carbone est moyen. L'activité cellulolytique aérobie paraît d'ailleurs moyenne (surtout fongique) et l'indice de consommation du glucose et le taux de saccharase sont faibles.

Cependant nous avons déjà signalé (v.p. 14) la présence de grandes plaques de lichens à la surface du sol. Ces lichens semblent modifier nettement certaines propriétés bio-chimiques de l'horizon de surface :

Prélèvement agronomique :	0 - 15 cm :	0 - 5 cm :	0 - 5 cm
	sur toute la :	sur toute la :	dans les surfaces
	parcelle :	parcelle :	recouvertes de
	:	:	lichens
Taux de saccharase	180 :	700 :	900
	:	:	
Dégagement de gaz carbonique	20 :	22 :	120
	:	:	

Notons enfin, une densité de germes minéralisant les sels organiques du fer moyenne.

Le test de fertilité minérale globale par l'*Aspergillus niger* n'est pas applicable à cette terre, car l'*Aspergillus* se développe tellement mal que l'on obtient une récolte très faible et parfois inférieure au témoin sans terre, ce

.../...

qui semble indiquer en plus de la pauvreté minérale de cette terre (v.p. 16) une action anti-biotique vis-à-vis de l'*Aspergillus*.

Remarque : L'activité biologique de ce sol diminue rapidement en profondeur (11).

: SOL ARGILEUX DES PLATEAUX DE LA VALLEE DU NIARI :
: (SOUS SAVANE) :
: -----

Ce sol présente une activité biologique globale élevée.

CYCLE DE L'AZOTE =====

La densité en germes fixateurs d'azote aérobies que ce soit pour le groupe des azotobacter comme des Beijerinckia, est élevée.

Le rendement de fixation est moyen.

L'activité ammonifiante est par contre moyenne à faible, et la nitrification paraît peu active, ce qui semble dû à la faible activité des ferments nitrifiants (cf.: 12). La densité des germes dénitrifiants est élevée.

La minéralisation de l'azote est soit très faible, soit même le plus souvent négative (v.p. 49).

CYCLE DU CARBONE =====

Le dégagement de gaz carbonique est relativement élevé, et le taux de minéralisation du carbone organique moyen.

La densité en germes cellulolytiques est élevée et nous retrouvons ici le parallélisme souvent observé entre la densité de germes fixateurs d'azote et la densité des cellulolytiques.

L'indice de consommation du glucose et le taux de saccharose sont élevés.

La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer est très élevée.

Alors que la majorité des différents groupements physiologiques de la microflore de ce sol présentent une activité relativement élevée, la minéralisation de l'azote et la nitrification paraissent peu favorables. Mais si nous examinons les taux d'azote minéral dans ce sol nous trouvons des valeurs qui ne sont pas faibles. Et l'on peut penser que les analyses microbiologiques pratiquées tradui-

Nature des analyses		SOL ARGILEUX DE LA VALLÉE DU NIARI (SOUS SAVANE)					
Profondeur : 0 - 15 cm Prélevement		— 0 - 15 cm — Moyenne sur une année min. max. observés			— 0 - 5 cm — Moyenne sur une année min. max. observés		
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>							
Fixation d'Azote	Azotobacter sp.	1300	400	3200	1300	400	2100
aérobie	Beijerinckia sp.	260	160	335	320	100	610
RENDEMENT de fixation		(3.1)	2.2	3.5	(3.5)	2.9	4.0
AMMONIFICATION de l'urée		123	121	125	119	111	125
NITRIFICATION							
Ferments nitreux							
Temps de latence		25	12	50	> 22	9	> 60
Fin de la nitrification		> 60	49	> 60	> 53	46	> 60
Ferments nitriques							
Fin de la nitrification		> 60	28	> 60	> 48	34	> 60
DÉNITRIFICATION		(25x10 ⁵)					
AZOTE MINÉRAL total		1.6	1.0	2.0			
	ammoniacal	0.8	0.6	1.5			
	nitrique	0.7	0.4	1.6			
AZOTE ORGANIQUE		191	171	203	230	224	238
Azote Minéralisable		-0.3	-1.0	+0.8	-0.4	-1.2	+0.6
Taux de minéralisation de l'Azote		-0.15	-0.49	0.41	-0.15	-0.52	0.26
<u>CYCLE DU CARBONE</u>							
Carbone organique (%)		3.0	2.5	3.3	3.8	3.4	4.1
Dégagement de gaz carbonique		50	36	60	64	49	89
Taux de minéralisation du carbone		0.45	0.36	0.57	0.45	0.38	0.62
Cellulolyse aérobie		1400	550	2600	2100	850	3300
Indice de consommation du glucose		(167)					
Taux de saccharase		(865)					
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:							
	sans	(4.5x10 ⁷)					
	avec	(2.5x10 ⁶)					
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspeng)		770	490	1040	1100	930	1300

sent imparfaitement l'activité biologique du sol en place.

Remarque : L'activité biologique de ce sol diminue rapidement avec la profondeur (11)

:-----:
: SOL ARGILEUX DE LA VALLEE DU NIARI (SOUS CULTURE) :
:-----:

La forte évolution des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques de ce sol au cours de la première année de culture, rend délicate l'interprétation des résultats moyens.

CYCLE DE L'AZOTE

=====

Le nombre de fixateurs d'azote devient très élevé que ce soit pour le groupe des azotobacter comme pour celui des Beijerinckia. Le rendement de fixation est aussi en nette augmentation par rapport au témoin sous savane.

L'activité ammonifiante est du même ordre de grandeur et présente aussi la même propriété d'être plus importante dans la couche 0-15 cm que dans la couche 0-5 cm. Par contre l'activité nitrifiante est devenue excellente (cf. 12 , et p. 80).

La minéralisation de l'azote est enfin beaucoup plus active, que pour le même sol sous savane naturelle.

CYCLE DU CARBONE

=====

La minéralisation du carbone, très active à la suite du défrichement, (v.p. 79) devient par la suite faible et nettement inférieure à celle du même sol sous savane naturelle. Le nombre de germes cellulolytiques aérobies est élevé.

L'indice de consommation du glucose paraît ne pas être modifié par la mise en culture, mais par contre le taux de saccharase est en nette diminution et devient moyen.

La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer reste du même ordre de grandeur.

Le test biologique de fertilité globale par l'aspergillus niger donne des résultats nettement inférieurs à ceux du même sol sous savane.

Nature du sol		SOL ARGILEUX DE LA VALLÉE DU NIAR (SOUS CULTURE)						
Profondeur et nature des prélèvements		Moyenne sur une année	0 - 15 cm min. observés	max. observés		Moyenne sur une année	0 - 5 cm min. observés	max. observés
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>								
Fixation d'Azote	Azotobacter sp.	2400	530	4900		1800	970	2800
aérobie	Beijerinckia sp.	690	310	1080		480	190	840
RENDEMENT de Fixation		(3,5)	3,2	3,7		(3,5)	3,2	3,7
AMMONIFICATION de l'Urée		124	119	126		118	102	127
NITRIFICATION								
Ferments nitreux								
Temps de latence		4	3	11		4	3	6
Fin de la nitrification		25	19	>60		26	21	34
Ferments nitriques								
Fin de la nitrification		16	15	20		16	14	20
DÉNITRIFICATION		(1,5×10 ⁴)						
AZOTE MINÉRAL total		2,7	1,5	4,9				
	ammoniacal	1,5	1,0	2,4				
	nitrique	1,2	0,2	2,5				
AZOTE ORGANIQUE		169	161	175		174	168	189
Azote Minéralisable		+1,9	-1,3	+4,7		2,4	-0,5	+5,6
Taux de minéralisation de l'Azote		+1,27	-0,77	2,80		1,35	-0,29	3,08
<u>CYCLE DU CARBONE</u>								
Carbone organique (%)		2,5	2,3	2,6		2,7	2,4	2,8
Dégagement de gaz carbonique		37	21	73		44	29	66
Taux de minéralisation du carbone		0,41	0,25	0,77		0,45	0,30	0,64
Cellulolyse aérobie		2300	1100	3200		2600	900	4700
Indice de consommation du glucose		(169)						
Taux de saccharase		(320)						
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:								
	sans ↓	(1,3×10 ⁷)						
	avec ↓	(3×10 ⁶)						
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspergill.)		520	420	570		560	450	720

SOL DE FORÊT HUMIDE SUR GRANITE

Ce sol très riche en une matière organique relativement évoluée, présente cependant une activité biologique globale moyenne.

CYCLE DE L'AZOTE

Les germes fixateurs d'azote aérobies sont très peu nombreux, nous n'avons d'ailleurs pas observé de *Beijerinckia* sp., ce qui n'a rien d'étonnant étant donné le pH du sol (v.pl. 7 p. 31)

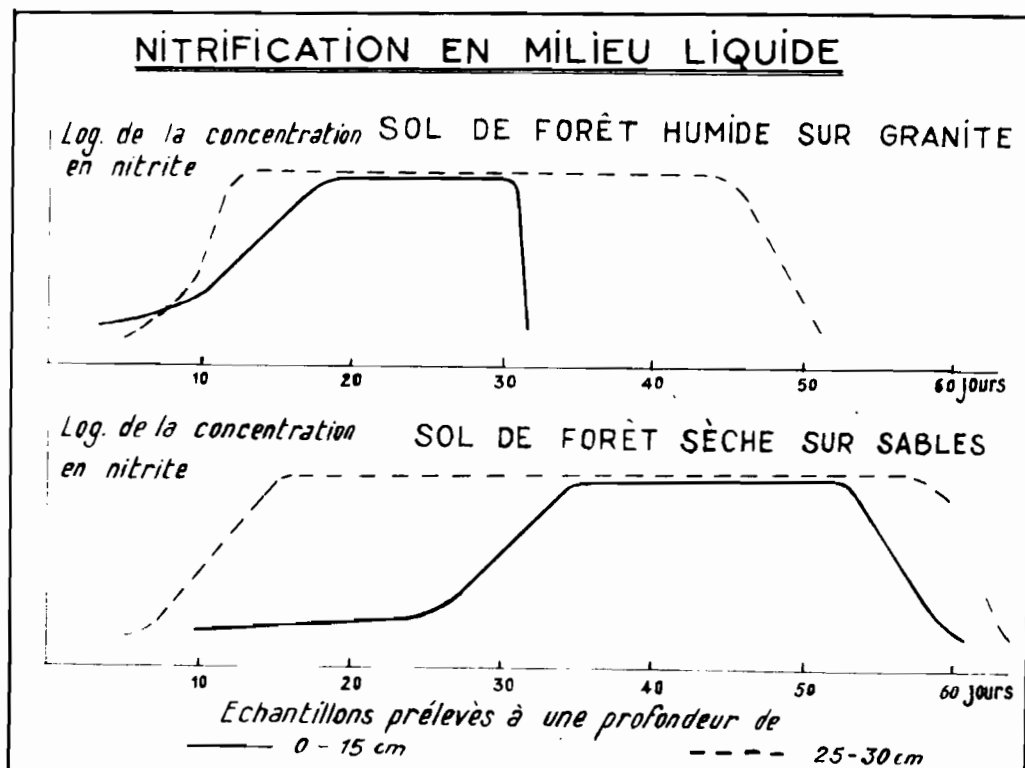
Le rendement de fixation est d'ailleurs faible.

L'ammonification de l'urée est moyenne à élevée.

La nitrification est moyenne

Les courbes de nitrification ci-dessous montrent que la nitrification serait plus active en profondeur qu'en surface, mais ce serait l'inverse

... /...



Nature du sol	SOL DE FORÊT HUMIDE SUR GRANITE					
Profondeur et nature des prélèvements	Moyenne sur une année	0-15 cm min. observés	max. observés	Moyenne sur une année	0-5 cm min. observés	max. observés
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>						
Fixation d'Azote Azotobacter sp.	90	10	340	120	45	240
aérobie Beijerinckia sp.	0		0	0		0
RENDEMENT de Fixation	(2,9)	2,5	3,4	(3,1)	2,8	3,4
AMMONIFICATION de l'urée	129	124	134	130	125	136
NITRIFICATION						
Ferments nitreux	8	4	13	10	4	19
Temps de latence						
Fin de la nitrification	30	27	34	32	27	36
Ferments nitriques						
Fin de la nitrification	22	19	25	22	19	25
DÉNITRIFICATION	(2,5·10 ⁵)					
AZOTE MINÉRAL total	2,7	1,2	3,5			
ammoniacal	1,6	0,5	3,0			
nitrique	1,1	0,2	1,8			
AZOTE ORGANIQUE	327	280	371	474	413	511
Azote Minéralisable	2,4	-1,6	+4,7	4,4	-1,1	+7,5
Taux de minéralisation de l'Azote	0,77	-0,49	1,56	0,93	-0,25	1,51
<u>CYCLE DU CARBONE</u>						
Carbone organique (%)	4,7	4,1	5,2	7,05	5,9	7,8
Dégagement de gaz carbonique	39	25	49	63	35	87
Taux de minéralisation du carbone	0,23	0,13	0,29	0,24	0,16	0,33
Cellulolyse aérobie	770	100	2200	790	50	2500
Indice de consommation du glucose	(95)					
Taux de saccharase	(335)					
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:						
sans ↓	(5×10 ⁵)					
avec ↓	(5×10 ⁵)					
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspergil.)	350	190	580	530	350	1160

pour la nitratisation. Ce phénomène que nous avons observé dans les deux sols forestiers étudiés, ne paraît pas exister pour les autres sols, sous savane, dont l'activité nitrifiante diminue rapidement avec la profondeur.

La minéralisation de l'azote est le plus souvent moyenne.

CYCLE DU CARBONE =====

Le dégagement de gaz carbonique est spécialement élevé dans les premiers cm. de sol, mais le taux de minéralisation du carbone reste faible à cause de la forte teneur du sol en matières organiques.

La densité des germes cellulolytiques aérobies est moyenne à faible.

L'indice de consommation du glucose de ce sol est faible à moyen et le taux de saccharose est moyen.

La densité de germes minéralisant les sels organiques du fer est moyenne.

Le test de fertilité minérale par l'aspergillus donne des chiffres très faibles qui correspondent bien à la pauvreté en éléments échangeables de ce sol.

Remarque : Influence de la mise en culture (caféiers) sur la microflore de cette catégorie de sols.

Cette caféière a été établie il y a 5 ans, sur un sol très analogue (même granulométrie) à celui de la parcelle d'observation sous forêt ancienne. Tous les arbres ont été abattus et mis en andains sans brulis; la plante de couverture utilisée actuellement est le Puéraria Javanica qui recouvre totalement les andains encore très volumineux.

Nous avons effectué séparément l'analyse d'échantillons agronomiques prélevés dans les lignes et sous andains.

Les résultats rapportés pages (59) montrent une nette différence entre ces deux échantillons; alors que dans les lignes, l'activité biologique est nettement inférieure à celle du même sol sous forêt, sous andain on observe des modifications intéressantes de l'activité des différents groupements physiologiques. La densité des germes fixateurs d'azote reste très faible dans les deux

Noms des cultures		SOL ARGILO-SABLEUX SUR GRANIT		
Profondeurs et nature des prélèvements		Prélèvements agronomiques (0-5cm)		
		sous FORÊT	sous CAFÉIERS	lignes Andains
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>				
Fixation d'Azote	Az. tobacter sp.	80	20	70
aérobie	Beijerinckia sp.	0	0	0
RENDEMENT de Fixation		34	36	0,2
AMMONIFICATION de l'année		127	127	128
NITRIFICATION				
Ferments nitreux				
Temps de latence		13	11	4
Fin de la nitrification		36	31	21
Ferments nitriques				
Fin de la nitrification		25	26	16
DENITRIFICATION				
AZOTE MINÉRAL total				4,6
	ammoniacal			0,8
	nitrique			0,8
AZOTE ORGANIQUE		469	206	450
Azote Minéralisable		62	39	0,2
Taux de minéralisation de l'Azote		132	19	0,04
<u>CYCLE DU CARBONE</u>				
Carbone organique (%)		7,2	2,7	4,5
Dégagement de gaz carbonique		72	41	36
Taux de minéralisation du carbone		0,27	0,41	0,22
Cellulolyse aérobie		2500		
Indice de consommation du glucose		56	72	304
Taux de saccharase		305	285	395
Germe minéralisant les sels organiques du Fer:				
	sans ↓			
	avec ↓			
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspergillus)		530	220	550

cas, mais le rendement de fixation sous andain est presque nul. Ceci peut être expliqué de deux manières :

- La masse végétale en décomposition permet une alimentation azotée satisfaisante de la microflore du sol, et l'activité des germes fixateurs d'azote, serait inhibée par la présence d'azote combiné.

- La deuxième explication, qui peut très bien s'ajouter à la première, est liée à la présence sur les andains d'une couverture exubérante de *Pueraria Javanica* dont l'activité des nodosités peut contribuer à l'enrichissement azoté du sol, et par conséquent inhiber la fixation non symbiotique.

Les chiffres montrent d'ailleurs que sous andains le taux d'azote organique reste très élevé, alors que le taux de carbone organique a diminué de 40 % par rapport au témoin sous forêt.

Le faible taux de minéralisation de l'azote sous andains est en accord avec ce phénomène.

Par contre pour l'échantillon prélevé dans les lignes, la minéralisation de l'azote et du carbone sont plus active.

L'ammonification de l'urée reste moyenne, tandis que la nitrification est devenue nettement plus active sous andains.

L'indice de consommation du glucose, qui reste faible dans les lignes, est élevé pour l'échantillon provenant des andains.

La variation du taux de saccharase est analogue quoique moins marquée.

Le test de fertilité minérale par l'*aspergillus niger* indiquerait une fertilité très faible dans les lignes et faible sous andains.

: SOL DE FORET SECHE SUR SABLES KALAHARI REMANIES :

Ce sol de fertilité minérale encore plus faible que le précédent, a une activité biologique générale faible.

CYCLE DE L'AZOTE
=====

La densité en germes fixateurs d'azote est faible à très faible. Et l'on remarque par ailleurs l'absence de Beijerinckia.

Le rendement de fixation est toujours très faible, spécialement dans les premiers cm. du sol situées en dessous de la litière.

L'activité ammonifiante est moyenne à élevée.

La nitrification est faible à moyenne; elle parait plus active en profondeur que dans les premiers cm. du sol pour la première phase (nitritation); mais c'est l'inverse pour la nitratisation. Nous retrouvons donc ici la même particularité que nous avons déjà observé pour l'autre sol forestier étudié (cf.p. 56).

La densité en germes dénitrifiants est élevée.

Le taux de minéralisation de l'azote est moyen.

CYCLE DU CARBONE
=====

La minéralisation du carbone organique est très faible, bien que la densité des germes cellulolytiques soit moyenne à élevée (surtout fongique). Mais l'indice de consommation du glucose est faible et le taux de saccharase très faible.

La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer est faible. Enfin les résultats du test biologique de fertilité minérale globale donnent des valeurs d'ailleurs très variables (v.annexe p.120) qui ne correspondent pas du tout à la fertilité minérale de ce sol qui est très faible.

Nature du sol	SOL DE FORÊT SÈCHE SUR SABLES KALAHARI REMANIÉ					
Profondeur et nature des prélèvements	— Moyenne sur une année	0 - 15 cm min. observés	— max. observés	— Moyenne sur une année	0 - 5 cm min. observés	— max. observés
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>						
Fixation d'Azote Azotobacter sp.	180	20	440	140	35	310
aérobie Beijerinckia sp.	0		0	0		0
RENDEMENT de Fixation	1.0	0,0	1,8	(0.2)	0,0	0,4
AMMONIFICATION de l'urée	130	111	134	129	121	134
NITRIFICATION						
Ferments nitreux	10	5	26	26	10	39
Temps de latence						
Fin de la nitrification	35	29	57	>48	32	>60
Ferments nitriques						
Fin de la nitrification	24	16	33	22	16	31
DÉNITRIFICATION	(4,5×10 ⁶)					
AZOTE MINÉRAL Total	0,9	0,2	1,8			
ammoniacal	0,35	0,0	1,0			
nitrique	0,5	0,1	1,2			
AZOTE ORGANIQUE	181	161	196	240	227	259
Azote Minéralisable	1.4	0,6	2,3	1.6	1,0	2,4
Taux de minéralisation de l'Azote	0,78	0,36	1,12	0,69	0,39	1,04
<u>CYCLE DU CARBONE</u>						
Carbone organique (%)	2,3	2,1	2,6	3.6	3,2	3,9
Dégagement de gaz carbonique	17	13	25	28	21	43
Taux de minéralisation du carbone	0,19	0,17	0,27	0,22	0,16	0,31
Cellulolyse aérobie	975	150	2700	1025	300	2200
Indice de consommation du glucose	(71)					
Taux de saccharase	(42)					
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:						
sans ↓	(8×10 ⁴)					
avec ↓	(5×10 ⁴)					
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspergil.)	510	150	860	920	550	1280

: SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATEKES :

CYCLE DE L'AZOTE
=====

La densité des germes fixateurs d'azote subit d'importantes variations au cours de l'année, mais reste généralement faible. Notons la présence de Beijerinckia peu nombreux. Le rendement de fixation est moyen.

Tandis que l'activité ammonifiante est moyenne l'activité nitrifiante est très faible. La densité des germes dénitrifiants est moyenne.

La quantité d'azote minéralisable mesurées sont faibles ou négatives.

CYCLE DU CARBONE
=====

Le dégagement de gaz carbonique, élevé dans les premiers cm. du sol, devient faible par la suite. Le taux de minéralisation des matières organiques reste moyen dans ces deux couches.

La densité en germes cellulolytiques aérobies (de nature fongique) est élevée. Si l'indice de consommation du glucose est faible, le taux de saccharase est élevé à très élevé.

La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer est moyenne.

Le test de fertilité minérale par l'aspergillus indique une fertilité minérale faible ce qui est très réel.

Remarque : La répartition de la matière organique de ce sol sur une grande profondeur, et la bonne porosité du sol, fait que l'activité biologique est encore importante à 45 cm. de profondeur
comme le montre la mesure de dégagement de gaz carbonique.

: Echantillon N°	FL 600 A	FL 600 C :
: Profondeur	0-15 cm.	40-50 cm:
: N mg/100 g.	98	63 :
: C %	1,5	1,3 :
:Dégagement de gaz		:
: carbonique	37	20 :
:Taux de minérali-		:
: sation du carbone	0,67	0,42 :

		SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉ					
		— 0 - 15 cm —			— 0 - 5 cm —		
		Moyenne sur une année	min. observés	max. observés	Moyenne sur une année	min. observés	max. observés
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>							
Fixation d'Azote	Azotobacter sp	400	70	830	210	60	450
	Begoniella sp	80	10	300	45	3	200
RENDEMENT de Fixation		(3.5)	2.8	4.7	(3.5)	2.9	3.7
AMMONIFICATION de l'année		126	120	128	125	122	129
NITRIFICATION							
Ferments nitreux		>39	18	>60	>33	50	>60
Temps de latence		>60	50	>60	>60	53	>60
Fin de la nitrification		>52	39	>60	>42	33	>60
Ferments nitriques							
Fin de la nitrification							
DÉNITRIFICATION		(3.5×10 ⁵)					
AZOTE MINÉRAL Total		0,8	0,4	1,2			
	ammoniacal	0,4	0,2	0,8			
	nitrique	0,4	0,1	0,9			
AZOTE ORGANIQUE		97	84	119	147	133	175
Azote Minéralisable		-0,1	-0,8	+1,0	1,0	0,2	1,8
Taux de minéralisation de l'Azote		-0,04	-0,82	+1,02	0,68	0,11	1,35
<u>CYCLE DU CARBONE</u>							
Carbone organique (%)		1,45	1,3	1,6	2,5	2,2	3,2
Dégageement de gaz carbonique		24	22	37	45	40	50
Taux de minéralisation du carbone		0,45	0,43	0,67	0,49	0,38	0,57
Cellulolyse aérobie		1500	600	4500	2075	1000	4500
Indice de consommation du glucose		(66)					
Taux de saccharase		(940)					
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:							
	sans ↓	(1,75×10 ⁵)					
	avec ↓	(3,5×10 ⁵)					
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspergill)		600	520	640	780	650	970

Ces six paysages bactériens que nous venons d'examiner, peuvent être caractérisés par l'activité des différents groupements physiologiques qui les composent; on peut toutefois se demander si certaines propriétés microbiologiques ne sont pas meilleures que d'autres pour caractériser ces différentes catégories de sols et en permettre ainsi une différenciation microbiologique.

A priori, les caractéristiques qui subissent d'importantes variations au cours de l'année, comme la densité de germes fixateurs d'azote aérobies, la densité des germes cellulolytiques, etc, paraissent peu intéressantes, car les domaines de variation pour chacune des catégories de sol peuvent se recouper.

Inversement certaines caractéristiques, qui subissent peu de variations au cours de l'année, ne permettent pas toujours une nette différenciation des sols.

En examinant successivement les résultats des différentes déterminations microbiologiques pratiquées sur ces sols, nous pouvons rechercher quels sont les critères qui paraissent les plus favorables, pour différencier les sols à une échelle régionale, disons par exemple pour le sud de la République du Congo.

CYCLE DE L'AZOTE =====

Fixateurs d'azote aérobies. Si la densité des germes diffère nettement d'un sol à l'autre, l'absence totale de *Beijerinckia* n'a été observée que pour les deux sols forestiers pourtant bien différents l'un de l'autre par ailleurs.

Le rendement de fixation permet seulement de mettre nettement à part le sol de forêt sèche sur sables de la Tsiana.

L'Ammonification de l'urée est par contre fort peu caractéristique car tous les sols présentent au cours de l'année une activité ammonifiante moyenne à bonne.

La méthode utilisée pour l'étude de la nitrification, n'est peut-être pas aussi sensible qu'une méthode de numération, mais c'est la seule qui nous ait donné satisfaction pour les terres du Congo (12); elle permet tout de même de différencier grosso-modo les sols et donne une idée des deux phases successives de la nitrification.

La densité des germes réduisant les nitrates paraît peu caractéristique car elle reste toujours du même ordre de grandeur pour les sols étudiés.

Minéralisation de l'azote :

Alors que les deux sols forestiers paraissent doués d'une activité minéralisante moyenne, les trois sols sous savane ont une activité minéralisante faible sinon négative.

CYCLE DU CARBONE :

Nous observons encore une fois une différence très nette entre les deux sols forestiers : le taux de minéralisation du carbone est faible à très faible, tandis que les autres sols présentent un taux de minéralisation du carbone deux fois plus fort.

La densité des germes cellulolytiques qui suit grosso-modo la densité des germes fixateurs d'azote aérobies paraît moins caractéristique que cette dernière, à cause des recouvrements qui existent dans les domaines de variation de chacun des sols, et aussi à cause du manque de précision de la méthode elle-même.

L'indice de consommation du glucose, qui rend compte de l'activité biologique d'un grand nombre de microorganismes du sol (29) et reflète d'une manière assez exacte la fertilité des sols apparaît ici comme un excellent critère de différenciation des sols.

On pourrait en dire autant pour le taux de saccharase, mais l'on doit remarquer que cette mesure peut être influencée par la présence dans le sol de lichens, d'algues ou de champignons inférieurs, ce qui rend délicate l'interprétation de cette caractéristique biochimique, et ne permet pas d'établir une échelle de fertilité fidèle (sols n° 1 et 6).

La densité des germes minéralisant les sels organiques du fer varie sensiblement d'un sol à l'autre.

Enfin le test de fertilité minérale globale par l'*Aspergillus niger*, qui rend compte d'une manière plus ou moins exacte de la fertilité réelle des sols, apparaît comme peu caractéristique.

En conclusion, il ne semble pas qu'il y ait de critères microbiologiques vraiment parfaits et la caractérisation des différentes catégories de sols résulte plutôt de la confrontation d'un certain nombre de caractéristiques.

.../...

Nous avons, jusqu'ici, considéré la valeur des différentes caractéristiques microbiologiques en fonction de la différenciation des sols à une échelle régionale. Si nous envisageons le problème à une plus grande échelle, par exemple à celle de l'ensemble des sols africains, certaines caractéristiques deviennent nettement significatives : comme l'absence d'*Azotobacter Chroococum*, la présence de *Beijerinckia* Sp. dans les sols de savane, le rôle primordial que paraissent jouer les champignons et actinomycètes dans la cellulolyse, la densité relativement élevée, pour des sols non hydromorphes, des germes minéralisant les sels organiques du fer, etc...

Il faut enfin remarquer que le mise en culture modifie profondément les caractéristiques microbiologiques des sols, non seulement au cours des premiers mois qui suivent le défrichement, mais encore par la suite lorsque le sol a atteint un pseudo-équilibre avec les conditions écologiques nouvelles.

Que ce soit sous végétation naturelle ou sous culture, ces caractéristiques microbiologiques subissent des variations saisonnières qu'il est parfois possible de relier à des actions pédoclimatiques, et l'on peut se demander si ces variations ne sont pas elles-mêmes d'excellentes caractéristiques pour la différenciation des sols, car elles rendent compte du dynamisme de ces sols.

— — — — —

=====

- III -

VARIATIONS SAISONNIERES DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET
MICROBIOLOGIQUES DES SOLS ETUDIES

=====

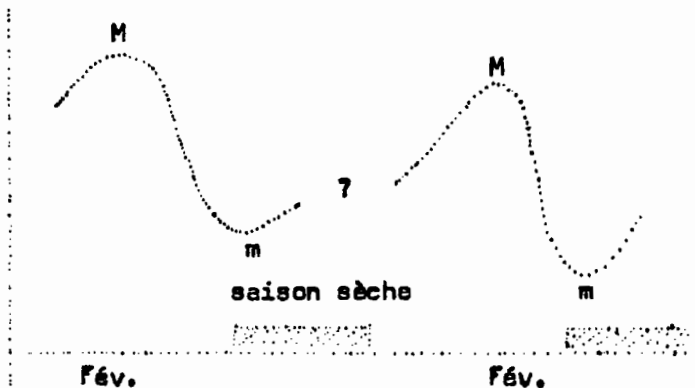
L'évolution saisonnière des propriétés chimiques et microbiologiques des sols dépend de nombreux facteurs : végétation, humidité et température du sol, façons culturales, feux de brousse, etc... A part les facteurs d'origine humaine, qu'il est possible de signaler avec une certaine précision, mais dont l'action ne peut être séparée de celle des autres facteurs, c'est le climat qui en dernier ressort constitue le principal facteur d'évolution.

Nous avons donné dans le premier chapitre, les caractéristiques les plus remarquables des climats qui règnent dans les différents biotopes étudiés. Ces différents types climatiques sont caractérisés par la présence d'une saison sèche, plus ou moins marquée et longue, mais qui existe pour tous. C'est à peu près la seule analogie, et il ne fallait donc pas s'attendre à ce que l'évolution saisonnière des caractéristiques de ces sols soit strictement la même d'un sol à l'autre, d'autant plus qu'il existe un certain décalage des saisons entre les différentes stations de prélèvement.

Ce problème de l'évolution saisonnière des caractéristiques des sols du Congo a déjà été étudié par M. G. MARTIN en ce qui concerne l'évolution chimique des sols argileux des plateaux de la vallée du Niari mis en culture mécanisée (28). Les résultats de nombreuses années d'observation ont permis à l'auteur de préciser le mode d'évolution cyclique de certaines caractéristiques du complexe absorbant (pH, degré de saturation, teneur en matières organiques dont dépend en grande partie la capacité d'échange de ces sols, et bases échangeables).

La forme de ces variations serait grossièrement sinusoïdale avec un maximum en fin de premier cycle, début de 2^e cycle, (c'est-à-dire pendant les mois de Février-Mars) et un minimum en fin de deuxième cycle-début de saison sèche. Mais comme le fait remarquer Mr. G. MARTIN cette courbe correspond à une évolution moyenne qui synthétise les évolutions particu-

Planche.
Evolution moy. du pH pour les terres de culture du Niari (d'après G. MARTIN)



lières de nombreuses années. Nous verrons dans quelle mesure les résultats de nos observations concordent avec cette théorie générale.

Les variations observées, pour les caractéristiques chimiques et microbiologiques des sols étudiés, sont rarement significatives, c'est-à-dire qu'elles ne dépassent généralement pas les variations possiblement dues aux erreurs d'échantillonnage et d'analyse. Dans le chapitre qui suit nous noterons seulement les écarts les plus marquants, tandis que le lecteur pourra trouver, dans les planches hors texte, les valeurs obtenues pour l'ensemble des analyses pratiquées.

: SOL ROUGE ERODE SUR GRES DE L'INKISI :

Evolution des caractéristiques chimiques de ce sol (cf. pl. 19. p. 72)

Les variations de la somme des bases échangeables sont peu significatives mais l'on peut tout de même noter que la valeur maximum observée correspond à la fin de la saison sèche, tandis que le minimum se situe au cours du premier cycle. Par voie de conséquence, le degré de saturation présente également un maximum en fin de saison sèche et un minimum en début de premier cycle.

Le pH du sol paraît subir de très faibles variations ($\pm 0,1$ unité pH), et il n'est pas possible d'attacher une valeur démonstrative aux maxima observés (en fin de premier cycle et au cours de la saison sèche) ni au minima de fin de saison des pluies.

Les observations indiquent une teneur maximum en début de deuxième cycle pour la matière organique du sol, et des teneurs minima en début et en fin de saison des pluies.

Evolution des caractéristiques microbiologiques de ce sol (cf. pl. 20 p. 73)

L'activité biologique de ce sol est resté faible pendant toute l'année et les écarts sont inférieurs aux plus petits écarts significatifs pour la plupart des déterminations. L'activité ammonifiante fait cependant exception , avec un maximum au cours du deuxième cycle et minimum en fin de saison sèche.

On peut d'autre part constater qu'il n'existe pas une relation étroite entre la densité des germes fixateurs d'azote et le rendement de fixation, et l'on constate que le faible rendement de fixation des échantillons de Juillet, correspond à la valeur maximum du taux d'azote organique, que ce soit pour la couche 0-5 cm comme 0-15 cm.

		SOL DE SAVANE SUR GRÈS DE L'INKISI								
Date de Prélèvement		10-III	14-I	9-III	6-V	12-VII	22-IX	25-XI	Moyenne	
N° Echantillon		100	101	102	103	104	105	106	(sur une année)	
Profondeur		0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	0/15	
Couleur		7,5YR 5/4								
Terre fine %		100	100	99,8	100	100	100	100		
RÉSULTATS EXPRIMÉS POUR 100g. DE TERRE FINE	Granulométrie %	Humidité	2,6							
		Argile	30							
		Limon	2							
		Sable fin	27							
		Sable grossier	37							
	Bases totales en mg.	Calcium	96							
		Magnésium	0,32							
		Potassium	1,64							
		Sodium	1,26							
		Somme des B.T.	3,72							
	P ₂ O ₅ total mg.		50,5							
	Bases échange. en mg.	Calcium	0,15	0,18	0,22	0,18	0,22	0,26	0,22	0,21
		Magnésium	tr.	tr.	0,01	tr.	0,02	0,04	0,02	0,02
		Potassium	0,04	0,06	0,05	0,12	0,06	0,08	0,05	0,07
		Sodium	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03
		Somme des B.E.	0,23	0,27	0,31	0,34	0,33	0,42	0,32	0,33
		Calcium / Magnésium	/	/	22	/	11	6,5	15	10,5
	P ₂ O ₅ Assimil. mg.		0,4	0,6	tr.		0,2		0,1	
	Matières Organiques	Carbone %	1,2	1,3	1,4	1,2	1,4	1,4	1,1	1,3
		Azote total mg	105	112	119	119	126	112	105	116
		C / N	11,3	11,4	12,1	9,7	11,1	12,5	10,9	11,3
		Mat. org. %	2,1	2,2	2,5	2,0	2,4	2,4	2,0	2,3
		Acide hum. mg.	25	64	35	28	64	43	57	49
Acide Fulv. mg.		545	453	454	480	350	414	333	414	
Capacité d'échange		3,8	4,1	4,0	4,1	4,8	3,8	3,4	4,0	
Degré de saturation		6,1	6,6	7,8	8,3	6,8	11,1	9,4	9,2	
pH		4,7	4,8	4,7	4,6	4,7	4,8	4,6	4,7	

Nature du sol	SOL ROUGE ÉRODÉ SUR GRÈS DE L'INKISI													
Profondeur et nature des prélèvements	Prélèvements agronomiques profondeur 0-15 cm.						Prélèvements agronomiques profondeur 0-5 cm.							
	10-VI-59	14-I-60	3-III	6-V	12-VII	18-IX	25-XI-60	14-I-60	4-III	6-V	12-VII	22-XI	25-XI	
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>														
Fixation d'Azote Azotobacter sp.		45	32	48	65	45	12		80	40	50	95	15	40
aérobie Beijerinckia sp.		1	0	0	6	2	0		1	0	0	6	2	0
RENDEMENT de Fixation				3,3	2,6	2,7	3,1				3,1	2,7	3,0	3,4
AMMONIFICATION de l'urée	98	116	125	126	120	91	103		118	125	131	126	112	129
NITRIFICATION														
Ferments nitreux														
Temps de latence	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60		>60	>60	>60	>60	>60	57
Fin de la nitrification	>60	>60	>60	>60	>60	>60	>60		>60	>60	>60	>60	>60	>60
Ferments nitriques														
Fin de la nitrification			>60	>60	>60	>60	>60		>60	>60	>60	>60	>60	>60
DÉNITRIFICATION							18x10 ⁵							
AZOTE MINÉRAL total	0,4	0,3	0,4	2,7	1,0	1,2	1,6							
ammoniacal	0,2	0,1	0,2	0,7	0,2	0,8	0,9							
nitrique	0,2	0,2	0,2	2,0	0,8	0,4	0,7							
AZOTE ORGANIQUE	105	112	119	119	126	112	105		136	91	119	136	136	119
Azote Minéralisable	+1,0	-0,1	+0,1	-0,1	-0,7	0,0	-0,3		+0,9	1,0	2,0	0,3	2,2	2,4
Taux de minéralisation de l'Azote	0,95	-0,09	0,08	-0,08	-0,56	0	-0,29		0,66	1,10	1,68	0,22	1,61	2,01
<u>CYCLE DU CARBONE</u>														
Carbone organique (%)	1,2	1,3	1,4	1,2	1,4	1,4	1,1		1,8	1,2	1,5	1,9	1,6	1,5
Dégagement de gaz carbonique	12	18	23	13	21	22	20		29	28	27	25	45	22
Taux de minéralisation du carbone	0,27	0,38	0,45	0,30	0,41	0,43	0,50		0,44	0,64	0,49	0,36	0,77	0,40
Cellulolyse aérobie		250	250	450	400	1000	970		400	250	550	350	1200	1500
Indice de consommation du glucose						36	44							
Taux de saccharase						460	180							
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:														
sans ↓							3,5x10 ⁵							
avec ↓							2,5x10 ⁵							
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspergil.).	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces		Traces	Traces	Traces	Traces	Traces	Traces

La minéralisation du carbone organique suit assez étroitement la teneur en matières organiques des échantillons.

La minéralisation de l'azote est généralement très faible et les variations sont de faible amplitude.

: SOL ARGILEUX DES PLATEAUX DE LA VALLEE DU NIARI :

1^a) - SOL SOUS SAVANE NATURELLE

=====

Evolution des caractéristiques chimiques de ce sol (cf. pl. 21 p. 77)
=====

La somme des bases échangeables présente une valeur minimum en fin de saison des pluies et une nette remontée en saison sèche. Par contre le maximum qui devrait se trouver d'après G. MARTIN en fin de premier cycle n'a pas été observé, mais l'on doit remarquer que ce premier cycle de la campagne 59-60 a été peu pluvieux (Pl. 4 p.20) tandis que c'est le contraire pour le début de premier cycle de la campagne 1960-61, ce qui permettrait d'expliquer la différence des chiffres obtenus à une année d'intervalle.

Le degré de saturation et le pH paraissent avoir une évolution analogue; enfin le taux de matière organique présente également un net minimum en fin de saison des pluies et deux maxima l'un au début du deuxième cycle l'autre au cours de la saison sèche.

Evolution des caractéristiques microbiologiques de ce sol (cf. pl. 22 p. 79)
=====

L'activité minéralisante de la microflore de ce sol paraît suivre une évolution analogue à celle des matières organiques telluriques. Pour la minéralisation du carbone, on constate que le dégagement de gaz carbonique présente également un minimum en fin de saison des pluies et deux valeurs maxima, l'une en mars, l'autre en fin de saison sèche. Au total, le taux de minéralisation du carbone varie donc assez peu. Pour la minéralisation de l'azote organique, on constate que le maximum de mars est également présent mais le minimum de mai serait décalé en saison sèche.

La densité des germes fixateurs d'azote du groupe Azotobacter et du groupe Beijerinckia ne paraissent pas présenter une évolution parallèle, et l'on n'observe pas de correspondance entre les résultats de ces numérations et ceux de la mesure du rendement de fixation.

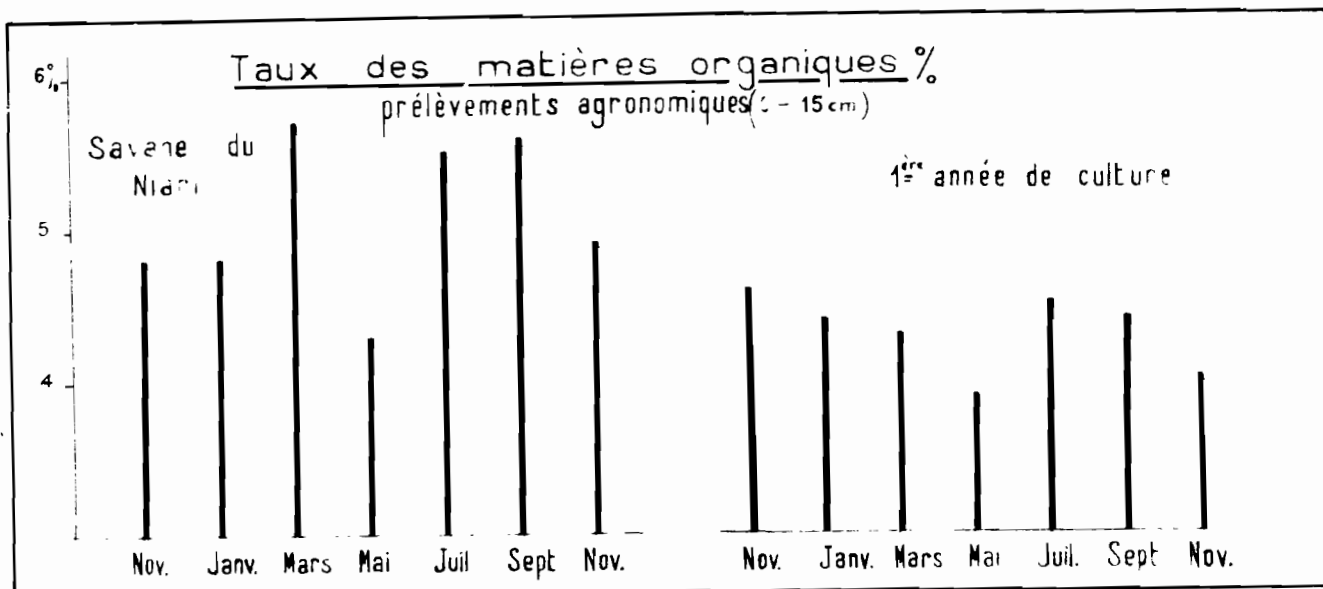
Tandis que le taux d'ammonification de l'urée donne des valeurs très comparables entre elles, la nitrification serait légèrement plus active en début et en fin de saison des pluies.

Le test de fertilité minérale globale par l'*Aspergillus Niger*, suit assez fidèlement une évolution analogue à la somme des bases échangeables.

2^e) - SOL SOUS CULTURE MECANISEE

Rappelons que les observations réalisées portent sur la première année de culture, et que le défrichement a été accompagné d'amendement calcaire (v.p24).

L'influence du facteur climat sur l'évolution de ce sol semble en grande partie masquée par l'influence du défrichement. On observe en effet, surtout pour le premier cycle une évolution extrêmement rapide des caractéristiques chimiques et microbiologiques du sol, et ce n'est qu'en fin de saison des pluies que ces caractéristiques paraissent reprendre une évolution parallèle à celle du sol climatique sous savane.



Evolution des caractéristiques chimiques (cf.pl. 21 p.77)

Le phénomène le plus marquant est celui de la chute brutale de la teneur en calcium échangeable, puisque en quatre mois, elle diminue de la moitié; l'on doit d'ailleurs remarquer que la dose théorique de 3 t. de calcaire à l'hectare a dû être

.../...

SOL ARGILEUX DE PLATEAU DE LA VALLÉE DU NIARI

Sous Savane

Sous Culture

Date de Prélèvement		11·XI	16·I	11·III	9·V	9·VII	20·IX	22·XI	Moyenne	11·XI	16·I	11·III	9·V	9·VII	20·IX	22·XI	Moyenne
N° Echantillon		200	201	202	203	204	205	206	(sur une année)	300	301	302	303	304	305	306	(sur une année)
Profondeur		0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15
Couleur		10 YR 4/3								10 YR 5/3							
Terre fine %		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Granulométrie %	Humidité	5.8															
	Argile	70															
	Limon	5															
	Sable fin	11															
	Sable grossier	2.5															
Bases totales en mg.	Calcium	1.5								6.9						3.9	
	Magnésium	0.5								1.3						0.65	
	Potassium	2								2.2						1.89	
	Sodium	1.04								1.96						1.04	
	Somme des B.T.	5.04								12.36						7.48	
P ₂ O ₅ total mg.		202								246						184	
Bases échange. en mg.	Calcium	1.12	1.05	1.23	1.0	1.61	1.72	2.13	1.46	6.15	4.05	3.07	5.64	3.82	3.63	2.88	3.85
	Magnésium	0.11	0.10	0.13	0.10	0.17	0.18	0.15	0.14	0.06	0.14	0.11	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12
	Potassium	0.23	0.25	0.27	0.23	0.28	0.32	0.38	0.29	0.25	0.22	0.27	0.22	0.24	0.21	0.25	0.24
	Sodium	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.06	0.06	0.04	0.06	0.03	0.04	0.08	0.05	0.06	0.06	0.05
	Somme des B.E.	1.56	1.43	1.67	1.36	2.09	2.28	2.72	1.93	6.52	4.44	3.49	6.05	4.23	4.01	3.31	4.26
	Calcium / Magnésium	10.2	10.5	9.5	10	9.5	9.5	14.2	10.4	103	29	28	51	32	33	24	3.2
P ₂ O ₅ Assimil. mg.		4.6	4.0	4.0		6.8		6.1		3.3	3.7	2.5		4.8		4.0	
Matières Organiques	Carbone %	2.8	2.8	3.3	2.5	3.2	3.2	2.8	3.0	2.6	2.6	2.5	2.3	2.6	2.5	2.3	2.5
	Azote total mg	185	182	196	171	203	196	196	190	175	175	168	168	175	168	161	169
	C / N	15	15.4	15.9	14.9	15.8	16.3	14.4	15.5	15.1	14.7	14.9	14.2	14.9	14.9	14.5	14.7
	Mat. org. %	4.8	4.8	5.7	4.3	5.5	5.6	4.9	5.1	4.6	4.4	4.3	3.9	4.5	4.4	4.0	4.3
	Acide hum. mg	149	190	194	176	192	173	282	201	134	178	96	165	151	164	140	149
	Acide Fulv. mg.	1024	963	970	920	830	850	716	875	968	944	970	870	790	810	724	851
Capacité d'échange		10.1	10.1	11	10.7	11.6	10.4	9.6	10.6	9.8	9.6	9.3	10.7	10.5	9.7	8.8	9.8
Degré de saturation		15.5	14.2	15.2	12.7	18.8	21.9	28.3	18.5	81.3	46.3	37.5	56.6	43	41.3	37.6	43.4
pH		4.9	4.9	4.8	4.8	4.9	5.0	4.9	4.9	5.4	5.2	5.0	5.4	5.2	5.3	4.9	5.2

fortement dépassée dans la pratique comme le montre les résultats analytiques de Nov. 1959.

La nette remontée en mai, s'explique difficilement, elle est peut-être liée à un deuxième cycle relativement pluvieux, et à une dissolution des éléments les plus grossiers du calcaire.

Le bilan pour un peu plus d'une année de culture ce chiffre donc par une exportation (soit par les cultures, soit par lessivage) d'environ 50 % de la quantité de Ca apportée dans la couche 0-15 cm. Cette perte doit être cependant compensée en partie, par une accumulation de calcium en dessous de 15 cm, en particulier au niveau de la semelle de labour.

Parallèlement le taux des autres éléments échangeables reste pratiquement constant, mais la réserve minérale du sol a nettement diminué, en particulier pour la magnésie.

Le degré de saturation et le pH du sol suivent pratiquement une évolution parallèle et au bout d'une année nous retrouvons le même pH que pour le sol de savane. Or les expériences faites à la station agronomique de Maléla ont montré qu'à la mise en culture de terres analogues, sans amendement calcaire, correspondait à une baisse de pH au bout d'un an de culture de l'ordre de $3/10^2$ d'unité pH. Le résultat de l'amendement calcaire est donc appréciable.

La matière organique du sol a subi une évolution analogue puisque l'on constate une diminution sensible dans les premiers mois, mais cette évolution se poursuit jusqu'en mai et l'on observe donc comme sous savane un minimum en mai. En saison sèche il y a également comme sous savane, une remontée du taux de matières organiques.

Evolution des caractéristiques microbiologiques (cf. pl. 22 p. 79)

L'activité biologique du sol paraît avoir une évolution analogue, c'est-à-dire très rapide en début de premier cycle, mais se ralentissant par la suite. C'est par exemple le cas du dégagement de gaz carbonique, indice de l'activité biologique (31 et 32) pour lequel on constate que cette décroissance se poursuit jusqu'en saison sèche, et ce n'est qu'en fin de saison sèche, que l'on observe une remontée de la minéralisation du carbone organique.

Si l'on examine les chiffres obtenus pour la minéralisation de l'azote organique, on s'aperçoit qu'après une minéralisation élevée au départ, celle-ci tombe rapidement

Nature du sol		SOL ARGILEUX DES PLATEAUX DE LA VALLEE DU NIARI																											
Profondeur et nature de prélèvements		sous savane												sous culture															
		Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 15 cm						Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 5 cm						Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 15 cm						Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 5 cm									
CYCLE DE L'AZOTE		11-XI-59	16-I-60	11-III	9-V	9-VII	20-IX	22-XI-60	16-I-60	11-III	9-V	9-VII	20-IX	22-XI-60	11-XI-59	16-I-60	11-III	9-V	9-VII	20-IX	22-XI-60	16-I-60	11-III	9-V	9-VII	20-IX	22-XI-60		
Fixation d'Azote Azotobacter sp. aérobie		2200	3200	1200	1800	1400	400		2100	1900	1400	1200	950	400		2300	4900	1100	3100	2500	530	2800	1650	2200	1550	1600	970		
Beijerinckia sp.		150	160	370	210	325	335		100	205	280	610	360	355		900	310	610	1080	530	700	190	215	630	840	390	590		
RENDEMENT de Fixation				3,5	3,4	2,2	3,3				3,5	3,5	2,9	4,0				3,7	3,2	3,4	3,6			3,7	3,2	3,4	3,5		
AMMONIFICATION de l'urée		123	122	121	124	124	125	124	121	112	123	123	125	111		126	123	119	124	125	126	123		125	102	108	127	128	115
NITRIFICATION																													
Ferments nitreux																													
Temps de latence		17	23	30	26	12	50	11	12	14	28	10	>60	9		11	6	5	3	4	4	3		6	5	3	5	4	3
Fin de la nitrification		>60	>60	>60	49	>60	>60	57	51	47	>60	46	>60	54		>60	30	31	25	23	19	22		34	28	25	25	22	21
Ferments nitriques																													
Fin de la nitrification			>60	28	>50	>60	>60			34	>60	50	49	48			15	16	15	20	15			15	16	15	20	14	
DENITRIFICATION								25×10^5													$0,15 \times 10^5$								
AZOTE MINERAL total		1,4	1,7	1,0	1,7	1,4	1,5	2,0								2,5	2,4	3,3	1,5	2,2	4,9	2,0							
ammoniacal		1,0	1,3	0,6	0,1	0,3	1,1	1,5								1,9	1,9	1,3	1,3	1,1	2,4	1,0							
nitrique		0,4	0,4	0,4	1,6	1,1	0,4	0,5								0,6	0,5	2,0	0,2	1,1	2,5	1,0							
AZOTE ORGANIQUE		185	182	196	171	203	196	196	224	231	227	231	231	238		175	175	168	168	175	168	161		171	189	154	182	182	168
Azote Minéralisable		-0,5	-0,6	+0,8	+0,4	-1,0	-0,2	-0,7	-0,9	+0,3	+0,6	-0,8	-1,2	-0,1		+3,8	+0,2	-1,3	+1,9	+2,5	+4,7	+3,3		-0,5	+1,3	+2,3	+3,8	+5,6	+1,7
Taux de minéralisation de l'Azote		-0,27	-0,33	+0,41	+0,23	-0,49	-0,10	-0,36	-0,40	+0,13	+0,26	-0,35	-0,52	-0,04		2,17	0,11	-0,77	1,13	1,43	2,80	2,05		-0,29	+0,69	1,49	2,09	3,08	1,01
CYCLE DU CARBONE																													
Carbone organique (%)		2,8	2,8	3,3	2,5	3,2	3,2	2,8	3,8	3,8	3,4	4,0	3,9	4,1		2,6	2,6	2,5	2,3	2,6	2,5	2,3		2,6	2,8	2,4	2,8	2,7	2,6
Dégagement de gaz carbonique		37	39	69	36	46	60	47	57	66	49	64	89	57		73	59	41	36	28	35	21		46	66	33	38	52	29
Taux de minéralisation du carbone		0,36	0,38	0,57	0,39	0,39	0,51	0,46	0,41	0,47	0,39	0,44	0,62	0,38		0,77	0,62	0,47	0,43	0,29	0,38	0,25		0,48	0,64	0,38	0,37	0,53	0,30
Cellulolyse aérobie			750	550	1200	800	2400	2600	1200	1600	850	2700	3300	2800			1500	2700	2900	1100	3200	2500		1400	900	2200	2500	4700	4000
Indice de consommation du glucose							167	168													190	148							
Taux de saccharase							875	860													375	260							
Germe minéralisant les sels organiques du Fer:																													
sans ↓							$4,5 \times 10^7$																					$1,3 \times 10^7$	
avec ↓							25×10^5																					3×10^6	
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspergill)		700	1040	490	740	720	930		1080	1160	930	950	1200	1300		570	660	420	450	500	520		550	670	475	720	450	510	

jusqu'à des valeurs négatives, pour ensuite remonter progressivement jusqu'en fin de saison sèche.

Il apparaît d'ailleurs, semble-t-il, un certain décalage d'environ deux mois entre l'évolution de la ~~couche~~ 0-15 et 0-5 cm. Pour ~~cette dernière couche~~, la phase descendante paraît déjà terminée lorsque nous avons commencé nos observations (Janvier) et l'on observe également une remontée continue jusqu'en fin de saison sèche.

L'examen détaillé des bilans de la minéralisation de l'azote organique in vitro pour cette terre permettent de constater qu'au départ (Novembre), la minéralisation se traduit par une accumulation d'azote ammoniacal, sans accumulation d'azote nitrique sensible. En janvier, c'est déjà l'inverse et il y a nitrification de l'azote ammoniacal; par la suite ce phénomène s'accroît, si bien que après 28 jours d'incubation, la terre contient presque uniquement de l'azote nitrique.

Ceci s'explique facilement lorsque l'on examine l'évolution de l'activité nitrifiante de ce sol pendant la même période. Il suffit de regarder les valeurs du tableau 22 p. 79 , pour s'apercevoir que l'activité nitrifiante s'améliore progressivement au cours de la première année de culture. Nous avons d'ailleurs montré dans un autre rapport (12) que cette amélioration de l'activité nitrifiante, qui paraît être le corollaire de l'évolution culturale de ce sol à la suite du défrichement avec amendement calcaire, était due non seulement à un accroissement du nombre de micro-colonies, mais encore à une certaine adaptation ou à un développement préférentiel de certains germes sous l'influence semble-t-il du calcaire.

L'activité de certains autres groupements physiologiques étudiés paraît sensiblement augmentée (fixateurs d'azote et cellulolytiques aérobies en particulier) mais leurs variations ne paraissent pas être liées d'une manière simple aux variations climatiques saisonnières.

Enfin notons que le test de fertilité minérale globale ne suit pas du tout l'évolution de la somme des bases échangeables, et serait plutôt influencé par l'importance du déséquilibre cationique créé par l'amendement calcique.

: SOL DE FORET HUMIDE SUR GRANITE :

Rappelons que ce sol par suite de la végétation forestière qui le recouvre et de l'importance de la pluviométrie, reste constamment humide en saison des pluies. Pendant la saison sèche, l'humidité du sol descend légèrement en dessous de la capacité de rétention en eau (cf. pl.29 p.104).

Evolution des caractéristiques chimiques de ce sol (cf. pl. 23 p.82)
=====

La somme des bases échangeables paraît subir une évolution peu marquée avec un maximum en fin de saison des pluies et deux minima en début et en fin de saison sèche.

Par suite d'une augmentation sensible de la capacité d'échange en fin de saison des pluies et au cours de la saison sèche, le degré de saturation et le pH ne paraissent pas suivre exactement l'évolution des bases échangeables, et présentent des valeurs minima en fin de saison sèche.

Le taux de matières organiques présente deux valeurs maxima : en mars et surtout au cours de la saison sèche; il est minimum en début et en fin de saison des pluies.

Evolution des caractéristiques microbiologiques de ce sol (cf. pl. 24 p. 84)
=====

La minéralisation du carbone organique paraît suivre presque la même évolution que le taux de matières organiques, cependant le minimum de mai serait légèrement décalé vers la saison sèche.

Par contre, la minéralisation de l'azote organique ne paraît pas suivre une évolution analogue puisqu'elle est maximum en début de saison des pluies, et minimum en janvier.

Le fait que le coefficient de minéralisation devienne alors négatif, est peut-être à relier aux conditions météorologiques qui ont précédé ces prélèvements : reprise brutale des pluies après une petite saison sèche relativement marquée (+).

.../...

(+) Du 15-XII-59 au 14-1-60, il n'est tombé que 43 mm de pluies, puis pendant les trois jours qui ont précédé le prélèvement il est tombé 76 mm.

SOL DE FORÊT HUMIDE SUR GRANITE

Date de Prélèvement		13. XI	18. I	12. III	10. V	11. VII	21. IX	23. XI	Moyenne
N° Echantillon		400	401	402	403	404	405	406	(sur une année)
Profondeur		0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15
Couleur		10 YR 5/3							
Terre Fine %		100	100	100	100	100	100	100	100
RÉSULTATS EXPRIMÉS POUR 100g DE TERRE FINE	Granulométrie %	Humidité	4.1						
		Argile	45						
		Limon	1						
		Sable fin	9						
		Sable grossier	34						
	Bases : cations en meq	Calcium	0,4						
		Magnésium	0,46						
		Potassium	1,54						
		Sodium	0,87						
		Somme des BT.	3,27						
	P ₂ O ₅ total mg		102						
	Bases échangeables en meq	Calcium	0,22	0,39	0,33	0,31	0,26	0,26	0,30
		Magnésium	0,04	0,01	0,09	0,12	0,02	0,07	tr.
		Potassium	0,20	0,17	0,16	0,16	0,15	0,18	0,16
		Sodium	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03	0,04
		Somme des BE	0,49	0,61	0,62	0,64	0,47	0,47	0,55
		Calcium / Magnésium	5,5	—	3,6	3,5	13	3,7	—
	P ₂ O ₅ Assimil. mg.		0,8	0,8	0,6	1,6	—	0,7	—
	Matières Organiques	Carbone %	4.1	4.6	4.8	4.3	5.2	5.0	4.7
		Azote total mg	301	329	329	311	371	343	327
		C / N	13.8	13.9	14.6	14.0	14.1	14.6	14.4
		Mat. org. %	7.2	7.8	8.3	7.4	9.0	8.6	8.1
		Acide hum. mg.	308	364	378	320	630	586	424
		Acide fulv. mg.	1220	1240	1070	1075	980	1096	1097
	Capacité d'échange		7,5	7,5	8,0	8,6	9,4	8,2	7,4
	Degré de saturation		6,5	8,1	7,8	7,4	7,6	6,2	6,5
	pH		4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	4,1

Nature du sol	SOL DE FORÊT HUMIDE SUR GRANITE													
Profondeur et nature des prélèvements	Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 15 cm						Prélèvements agronomiques profondeur 0 - 5 cm							
	13-XI-59	18-I-60	12-III	10-V	11-VII	21-IX	23-XI-60	18-I-60	12-III	10-V	11-VII	21-IX	23-XI-60	
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>														
Fixation d'Azote		70	340	12	50	40	10		90	240	140	100	45	80
Azotobacter sp. aérobie		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Beijerinckia sp.														
RENDEMENT de Fixation				27	28	25	34			31	29	28	34	
AMMONIFICATION de l'urée	130	131	124	126	128	133	134		133	125	128	132	136	127
NITRIFICATION														
Ferments nitreux														
Temps de latence	11	13	8	4	6	9	10		9	19	4	7	9	13
Fin de la nitrification	34	34	32	28	27	27	33		30	40	27	29	28	36
Ferments nitriques														
Fin de la nitrification			25	19	19	23	24		25	19	19	23	25	
DÉNITRIFICATION							25x10 ⁵							
AZOTE MINÉRAL total	1.2	2.0	3.5	2.4	2.5	2.5	3.1							
ammoniacal	0.5	0.9	3.0	2.2	1.2	1.0	1.3							
nitrique	0.7	1.1	0.5	0.2	1.3	1.5	1.8							
AZOTE ORGANIQUE	301	329	329	311	371	343	280		441	511	413	511	497	469
Azote Minéralisable	+4.7	-1.6	+1.6	+2.3	+2.7	+3.7	+3.7		-1.1	+4.2	5.2	4.6	7.5	6.2
Taux de minéralisation de l'Azote	1.56	-0.49	0.49	0.74	0.73	1.08	1.32		-0.25	+0.82	1.26	0.90	1.51	1.32
<u>CYCLE DU CARBONE</u>														
Carbone organique (%)	4.1	4.6	4.8	4.3	5.2	5.0	4.3		6.6	7.8	5.9	7.7	7.1	7.2
Dégagement de gaz carbonique	38	39	51	29	25	49	41		63	68	35	51	87	72
Taux de minéralisation du carbone	0.25	0.23	0.29	0.18	0.13	0.27	0.26		0.26	0.24	0.16	0.18	0.33	0.27
Cellulolyse aérobie		100	410	430	400	2200	1100		450	200	50	250	1300	2500
indice de consommation du glucose						134	56							
Taux de saccharase						370	305							
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:														
sans ↓							5x10 ⁵							
avec ↓							5x10 ⁵							
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspergill)	320	530	250	580	190	240		380	400	350	1160	350	530	

Chimiquement, on constate, qu'au cours de l'incubation in vitro, il y a consommation, ou perte, d'azote ammoniacal, tandis que la quantité d'azote nitrique formé est faible. Au cours de l'année 1960, on constate au contraire une remontée progressive jusqu'en septembre du taux de minéralisation de l'azote, due à un bilan de plus en plus positif de l'azote nitrique. Comme pour le sol cultivé du Niari (p. 80) cette variation de l'activité nitrifiante peut se vérifier (pl. 24 p. 84) par l'étude de la nitrification en milieu liquide, et l'on constate qu'il y a eu effectivement une nette ~~amélioration~~ du pouvoir nitrificateur de cette terre pendant la même période.

Les autres caractéristiques étudiées, subissent soit des variations non ou peu significatives, soit des variations isolées qu'il ne nous a pas été possible de relier à aucun facteur d'évolution.

=====

: SOL DE FORET SECHE SUR SABLES KALAHARI REMANIES :
:-----

Rappelons que cette catégorie de sols se forme sous forêt claire à feuilles caduques, et que le sol lui-même est recouvert d'une épaisse litière de matières organiques mal décomposées (horizon Ao)

Les échantillons analysés proviennent des horizons situés en dessous de cette litière et leur évolution paraît nettement décalée par rapport aux variations des facteurs climatiques. Ainsi c'est en saison sèche, à la suite de la chute des feuilles de la plupart des arbres, que la litière est la plus épaisse, mais ce n'est que plus tard au cours de la première partie de la saison des pluies que les horizons supérieurs du sol proprement dit seront les plus riches en matières organiques.

Evolution des caractères chimiques de ce sol (cf. pl. 25 p. 86)

Lié, semble-t-il, aux variations du taux de matières organiques dans le sol, la somme des bases échangeables présente un maximum au cours de la première partie de la saison des pluies, et les valeurs les plus faibles correspondent à la saison sèche, or parallèlement le taux de matières organiques telluriques s'abaisse en saison sèche.

La capacité d'échange présentant des valeurs maximum en fin de saison des pluies et en saison sèche, le degré de saturation et le pH deviennent minimum en fin de saison sèche.

Evolution des caractéristiques microbiologiques (cf. pl. 26 p. 88)

L'activité biologique de ce sol reste faible toute l'année, et les variations sont peu significatives.

La minéralisation des matières organiques paraît légèrement plus active pendant la première partie de la saison des pluies, mais les résultats obtenus pour la couche 0-5 cm et 0-15 cm ne concordent pas toujours, ce qui paraît indiquer un décalage dans le temps de l'activité de ces deux parties de l'horizon de pénétration humifère.

.../...

SOL DE FORÊT SÈCHE SUR SABLES KALAHARI ^{Remanié}								
Date de Prélèvement	17·XI	20·I	14·IV	13·V	13·VII	26·IX	7·XII	Moyenne
N° Echantillon	500	501	502	503	504	505	506	(sur une année)
Profondeur	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15
Couleur	10 YR 4/1							
Terre Fine %	99.6	100	100	99.7	100	100	100	
Humidité %	Humidité	1.2						
	Argile	5						
	Limons	1						
	Sable fin	50.5						
	Sable grossier	39						
Basuc. (valeurs en mg)	Calcium	0.3						
	Magnésium	0.51						
	Potassium	0.31						
	Sodium	0.83						
	Somme des BT	1.95						
P ₂ O ₅ total mg	46.5							
Bases échange en mg	Calcium	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04
	Magnésium	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.	tr.
	Potassium	0.04	0.03	0.04	0.04	0.02	0.03	0.03
	Sodium	0.03	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02
	Somme des B.E.	0.14	0.12	0.12	0.09	0.06	0.10	0.09
	Calcium / Magnésium							
P ₂ O ₅ Assimil. mg	2.9	0.5	0.3		0.5		0.6	
Matières Organiques	Carbone %	2.6	2.6	2.5	2.5	2.1	2.1	2.3
	Azote total mg	196	189	192	196	168	161	181
	C / N	13.5	13.6	13.2	13.2	12.5	12.9	12.9
	Mat. org. %	4.6	4.4	4.4	4.4	3.6	3.6	4.0
	Acide hum. mg	445	492	398	400	390	392	417
	Acide Fulv. mg	540	532	390	430	230	333	381
Capacité d'échange	4.1	4.6	4.4	4.9	5.2	4.8	3.4	4.6
Degré de saturation	3.4	2.6	2.7	1.8	1.7	1.5	2.9	2.2
pH	4.4	4.5	4.5	4.5	4.5	4.2	4.3	4.4

Nature du sol	SOL DE FORÊT SÈCHE SUR SABLES KALAHARI REMANIÉS													
Profondeur et nature des prélèvements	Prélèvements profondeur			Agronomiques 0 - 15 cm				Prélèvements profondeur			Agronomiques 0 - 5 cm			
	17.XI.59	20.I.60	14.III	13.V	13.VII	26.IX	7.XII.60	20.I.60	14.III	13.V	13.VII	26.IX	7.XII.60	
<u>CYCLE DE L'AZOTE</u>														
Fixation d'Azote		440	170	130	200	100	20		175	150	310	105	55	35
Azotobacter sp.														
aérobie		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
Beijerinckia sp.														
RENDEMENT de Fixation				1.8	1.1	0.9	0.0			0.2	0.4	0.0	0.3	
AMMONIFICATION de l'Urée	111	124	130	134	132	130	128		128	121	133	131	134	128
NITRIFICATION														
Ferments nitreux	26	8	14	5	9	16	8		33	10	27	28	39	21
Temps de latence														
Fin de la nitrification	57	32	44	29	36	39	31		50	32	45	55	760	45
Ferments nitriques														
Fin de la nitrification			27	21	22	23	16		20	19	22	31	16	
DÉNITRIFICATION							45 x 10 ⁵							
AZOTE MINÉRAL total	0,2	0,2	0,4	1,3	0,8	1,8	0,6							
ammoniacal	0,1	0,0	0,2	1,0	0,1	0,6	0,2							
nitrique	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	1,2	0,4							
AZOTE ORGANIQUE	196	189	192	196	168	182	161		245	231	259	241	227	238
Azote Minéralisable	2.2	1.7	2.3	1.9	0,6	0,9	1.2		1,2	2,4	1,0	1,7	1,7	1.8
Taux de minéralisation de l'Azote	1.12	0,90	1.20	0,97	0,36	0,49	0,74		0,49	1,04	0,39	0,71	0,75	0,76
<u>CYCLE DU CARBONE</u>														
Carbone organique (%)	2,6	2,6	2,5	2,5	2,1	2,2	2,1		3,9	3,8	3,7	3,7	3,2	3,3
Dégagement de gaz carbonique	21	16	25	17	15	14	13		23	43	26	22	35	21
Taux de minéralisation du carbone	0,22	0,17	0,27	0,19	0,19	0,17	0,17		0,16	0,31	0,19	0,16	0,30	0,17
Cellulolyse aérobie		150	250	550	400	1800	2700		650	300	300	600	2200	2100
Indice de consommation du glucose						46	96							
Taux de saccharase						30	55							
Germes minéralisant les sels organiques du Fer:														
sans ↓							8 x 10 ⁴							
avec ↓							5 x 10 ⁴							
Test biologique de Fertilité minérale globale (Aspergil.)		340	610	150	320	860	750		680	680	550	1070	1280	1280

: SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATEKES :

Evolution des caractéristiques chimiques de ce sol (cf. pl. 27 p. 90)

Rappelons que le climat des plateaux batékés, relativement pluvieux, ne comporte pas une saison sèche aussi marquée que pour les sols déjà étudiés; de plus le feu de brousse peut intervenir pratiquement en toutes saisons (en février pour l'année d'observation), et parfois plusieurs fois par an.

Les variations de la somme des bases échangeables sont peu importantes, la valeur minimum correspondant au milieu de la saison des pluies et la valeur maximum à la saison sèche.

Le pH suit une évolution relativement semblable.

Le taux de matières organiques telluriques paraît suivre le schéma d'évolution que nous avons déjà observés pour les autres sols de savane, avec maxima en mars et septembre et minimum en fin de saison des pluies (mai).

Evolution des caractéristiques microbiologiques (cf. pl. 28 p. 92)

L'activité biologique de ce sol est restée très égale à elle-même au cours de l'année.

L'activité nitrifiante paraît un peu plus active en saison sèche (juillet) et d'ailleurs le taux d'azote nitrique dans le sol est alors relativement plus élevé que pour les autres prélèvements, mais ceci peut également s'expliquer par l'absence d'entraînement des nitrates par les eaux de pluies à cette époque.

Tandis que le pouvoir ammonifiant et le taux de minéralisation du carbone restent remarquablement constant, le taux de minéralisation de l'azote reste faible sauf en début de saison des pluies.

SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉS

		SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉS								
Date de Prélèvement		18- <u>VI</u>	21- <u>I</u>	14- <u>III</u>	12- <u>V</u>	13- <u>VII</u>	24- <u>IX</u>	30- <u>XI</u>	Moyenne	
Altitude		600	601	602	603	604	605	606	(sur une année)	
Profondeur		0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	
Couleur		10YR 3/2								
Terre Fine %		99.2	99.3	99.6	99.6	100	100	100		
RÉSULTATS EXPERIMENTAUX	TERRE FINE	Humidité %	2							
		Angle	8							
		Lim. fin	2							
		Sable fin	73							
		Sable grossier	13							
	Éléments minéraux	Calcium	0,9							
		Magnésium	0,45							
		Potassium	0,31							
		Sodium	0,87							
		Somme des BT	2,53							
	N ₂ total mg		79							
	Éléments minéraux	Calcium	0,63	0,56	0,56	0,73	0,71	0,71	0,48	0,63
		Magnésium	0,22	0,18	0,19	0,18	0,18	0,19	0,08	0,17
		Potassium	0,08	0,08	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,07
		Sodium	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02
		Somme des BT	0,96	0,84	0,87	1,01	0,96	1,01	0,65	0,89
	Ca / Magnésium		2,9	3,1	3,0	4,1	3,9	3,7	6	3,7
	N ₂ Assimil. mg		5,4	4,7	4,4		6,8		3,8	
	Mat. org. et hum.	Carbone %	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,5	1,3	1,45
		Azote total mg	98	98	97	91	119	91	84	97
		C / N	15,1	15,5	16,1	15,2	11,8	16,5	16,9	15,3
		Mat. org. %	2,5	2,6	2,7	2,4	2,4	2,6	2,2	2,5
		Acide hum. mg	335	449	338	300	420	388	274	362
Acide Fulv. mg.		574	551	546	500	350	402	451	467	
Capacité d'échange		40	4,4	3,9	4,9	4,8	4,3	3,2	4,25	
Degré de saturation		24	19	22	21	20	23,5	20,3	21	
pH		5,3	5,1	5,2	5,5	5,5	5,7	5,2	5,4	

NATURE DU		SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATÉKÉS												
Prélèvements		Prélèvements agronomiques profondeur 0-15						Prélèvements agronomiques profondeur 0-5 cm						
		18.II.51	21.I.60	14.III	12.V	13.VII	24.IX	30.XI.60	21.I.60	14.III	12.V	13.VII	24.IX	30.XI.60
CYCLE DE L'AZOTE														
Fixation d'Azote Azotobacter sp		270	830	120	170	930	70		450	120	130	260	230	60
aérobie Beijerinckia sp		10	15	55	12	300	100		200	3	12	22	22	11
RENDEMENT de Fixation				28	47	3.1	3.5				3.7	3.7	2.9	3.5
AMMONIFICATION de l'Urée		120	126	123	125	126	126	128	126	122	129	128	122	125
NITRIFICATION														
Ferments nitreux														
Temps de latence		36	>60	30	27	18	49	52	>60	41	31	28	34	>23
Fin de la nitrification		>60	>60	>60	>60	50	>60	>60	>60	>60	>60	61	53	>60
Ferments nitriques														
Fin de la nitrification			39	>60	>60	>60	>60	43		>35	>42	>36	>63	>33
DENITRIFICATION								3×10^5						
AZOTE MINÉRAL total		0,4	0,7	0,4	1,0	1,1	1,2	0,6						
ammoniacal		0,2	0,4	0,3	0,8	0,8	0,6	0,3						
nitrique		0,2	0,3	0,1	0,2	0,9	0,6	0,3						
AZOTE ORGANIQUE		98	98	97	91	119	91	84	136	175	136	150	133	150
Azote Minéral nette		+1,0	-0,8	+0,2	+0,2	-0,8	-0,3	+0,1	+0,5	+0,2	+0,7	+0,9	+1,8	+1,7
Taux de minéralisation de l'Azote		1,02	-0,82	+0,21	+0,22	-0,67	-0,33	+0,12	0,37	0,11	0,51	0,60	1,35	1,13
CYCLE DU CARBONE														
Carbone organique (%)		1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,5	1,3	2,3	3,2	2,2	2,5	2,6	2,4
Dégagement de gaz carbonique		37	26	26	23	22	25	23	40	45	45	47	43	50
Taux de minéralisation du carbone		0,67	0,47	0,44	0,45	0,43	0,45	0,48	0,47	0,38	0,56	0,51	0,45	0,57
Cellulolyse aérobie		800	700	900	600	4500	1400		1800	1600	1000	1800	4500	1750
Indice de consommation du glucose						59	72							
Taux de saccharase						1100	785							
Germe minéralisant les sels organiques du Fer:														
sans								$1,75 \times 10^5$						
avec								$3,5 \times 10^5$						
Test biologique de fertilité minérale globale (Aspe g.)		570	610	520	610	640	620		800	830	650	680	740	970

La densité de germes fixateurs d'azote aérobies parait soumise à des variations importantes, qui diffèrent d'ailleurs pour les germes du groupe *Azotobacter* et pour ceux du groupe *Beijerinckia*, mais dans les deux cas le nombre de germes reste peu élevé et les variations ne sont pas significatives.

Le test biologique de fertilité minérale globale par l'*Aspergillus niger* donne des résultats qui ne paraissent pas en relation avec la somme des bases échangeables.

Le nombre relativement restreint des observations pratiquées sur un peu plus d'une année ne permettent pas de préciser les lois de variations des caractéristiques chimiques et microbiologiques des ces sols.

Il a été toutefois possible de montrer que le schéma d'évolution, proposé par G. MARTIN se vérifie relativement bien en ce qui concerne l'évolution du taux de matières organiques des sols de savane (n° 1,2 et 6), mais aussi pour le sol n° 4 sous forêt humide. Ceci s'explique en considérant l'évolution cyclique de la végétation de savane, qui dépend étroitement du rythme des saisons; mais n'est pas aussi facile à admettre pour le sol formé sous forêt humide, sempervirente du massif granitique du Chaillu. Deux hypothèses peuvent être formulées à ce sujet :

1°) - La végétation de cette forêt subit un cycle végétatif lié aux saisons ce qui se vérifie en ce qui concerne le cycle de reproduction de certains arbres (floraison et fructification), mais ce qui ne paraît pas exact en ce qui concerne la défoliation, car si certaines espèces sont semi-caducifoliées, la majorité des espèces ne sont pas caducifoliées, et il ne semble pas que l'on assiste à une chute préférentielle des feuilles à certains moments de l'année.

2°) - La deuxième hypothèse suppose que la fourniture de matières végétales mortes étant à peu de chose près pratiquement constante dans l'année, ce sont les processus de minéralisation et d'humification de ces matières qui seraient plus ou moins actifs suivant les saisons.

Nous verrons dans le chapitre IV que la nature physico-chimique des matières organiques de ce sol, subit en début de saison sèche des modifications très marquées qui expliqueraient un ralentissement ou tout au moins une modification des processus biologiques en début de saison sèche, nous avons d'ailleurs observé que les échantillons de Mai et Juillet avaient un taux de minéralisation des matières carbonées spécialement faible.

Pour le sol sous forêt sèche, le mode de variation du taux de matières organiques paraît nettement différent. La chute des feuilles qui se produit spécialement en saison sèche, et la présence d'un stade intermédiaire dans la décomposition des matières organiques (litière formée d'un humus brut) en sont probablement la cause.

Les variations du taux de matières organiques telluriques devraient avoir pour conséquence :

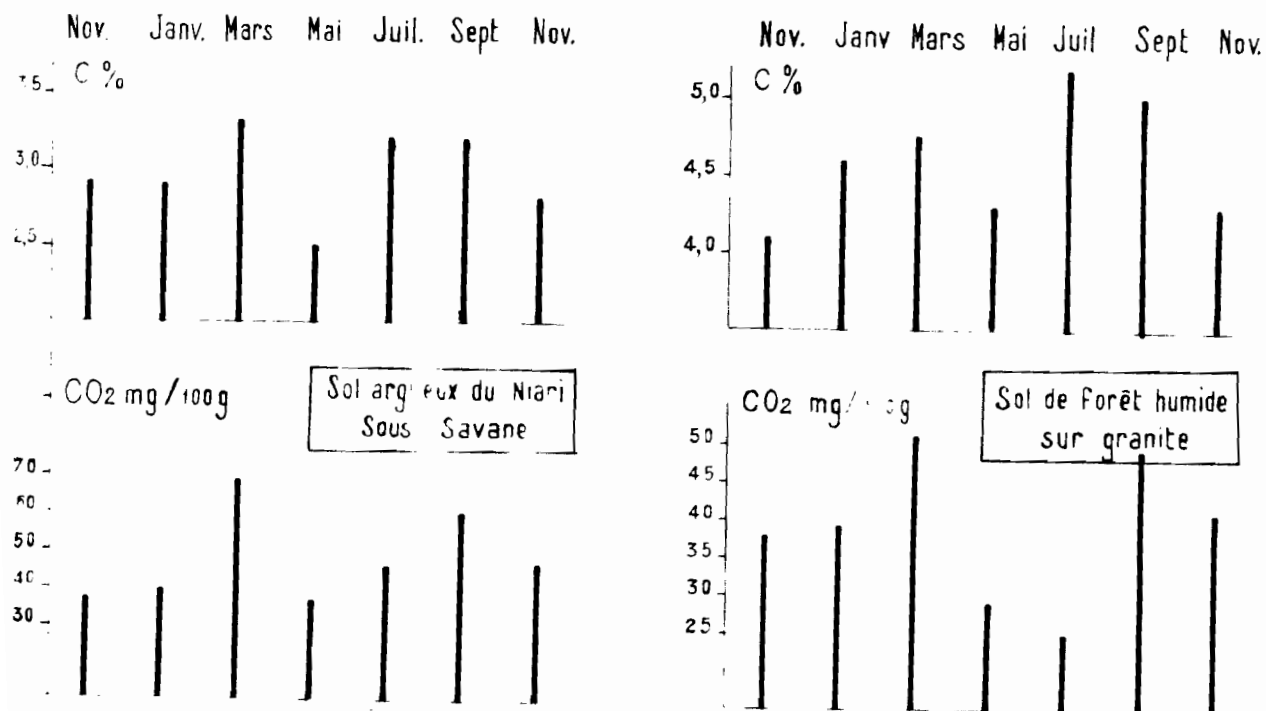
1^o) - une augmentation ou une diminution de la capacité d'échange, en fonction de la teneur en matières organiques, pour les horizons Humifères.

2^o) - une évolution parallèle du taux de bases échangeables; fonction de la minéralisation des matières organiques.

La réalité apparait comme beaucoup plus complexe, et cette théorie ne se vérifie que rarement.

En ce qui concerne l'évolution des caractéristiques microbiologiques des sols, nous avons pu constater que le dégagement de gaz carbonique in vitro, indice de la minéralisation des matières carbonées, suivait fidèlement le taux de matières organiques du sol sauf en début de saison sèche (Juillet)

Minéralisation des matières carbonées



Pour la minéralisation de l'azote, nous avons pu constater que le sens de variation des teneurs en azote organique et en azote minéralisable n'était pas toujours le même. En particulier, pour les trois sols sous savane, on peut remarquer que la minéralisation de l'azote est minima (en valeur algébrique) pour les prélèvements de juillet (saison sèche) tandis que le taux d'azote organique est alors maximum.

Le phénomène de ralentissement de la minéralisation du carbone et de l'azote organique qui intervient en saison sèche paraît être la preuve la plus tangible de l'influence du Pédoclimat sur l'activité de la microflore de ces sols.

— — — — —

- IV -

ESSAI DE CARACTERISATION PHYSIQUE, CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE
DES DIFFERENTS TYPES DE MATIERES ORGANIQUES CORRESPONDANT
AUX CATEGORIES DE SOLS ETUDIES

A la faveur des observations morphologiques, physiques, chimiques et microbiologiques faites sur les sols que nous venons d'étudier, il est possible de caractériser les différents types d'humus correspondant à ces catégories de sols.

SOL ROUGE ERODE SUR GRES DE L'INKISI

- Les conditions de génèse des matières organiques de ce sol : savane peu dense et érosion en nappe très importante, font que l'apport de débris végétaux sur le sol est très limité; les matières organiques de ce sol résultent essentiellement de la décomposition dans le sol lui-même, du système racinaire de la végétation.

Les produits qui résultent de cette décomposition sont relativement évolués (C/N de 11 en surface), très pauvres en acides humiques et relativement riches en acides fulviques surtout en profondeur.

.../...

Cette matière organique, peu colorée, ne paraît pas avoir une influence marquée sur la structure polyédrique, compacte de ce sol. Elle joue d'autre part un faible rôle quant à la capacité d'échange du sol. On peut évaluer approximativement la capacité d'échange due aux matières organiques comme variant de 30 à 60 meq/100 g. de matières organiques suivant les horizons (+).

La minéralisation de cette matière organique est peu rapide. L'indice de minéralisation du carbone est moyen et celui de l'azote organique est faible.

Il faut cependant remarquer que ce sol peut être considéré comme tronqué de sa partie supérieure par suite des phénomènes d'érosion. On observe en bas de pente des sols colluviaux qui bénéficient d'une accumulation absolue de matières organiques provenant des versants. Ces sols, un peu plus sableux et beaucoup plus humifères, ont une structure moins grossière; ils bénéficient d'une économie en eau satisfaisante de par leur position topographique, et ont une fertilité nettement supérieure à celle des sols de pente.

.../...

(+) L'évaluation très approximative de la capacité d'échange a été faite en appliquant aux horizons d'un même sol, l'équation théorique suivante :

Capacité d'échange = a x teneur en mat. organique + b x teneur en argile. Si l'on peut considérer pour les horizons proches de la surface que le coefficient " b " varie peu d'un horizon à l'autre en raison de la nature très évoluée des matériaux argileux; il n'en est pas de même du coefficient " a " qui est fonction de la nature même des matières organiques du sol, et qui varie pour les différents horizons du sol. On obtient donc pour chaque échantillon du profil, une valeur approchée de la capacité d'échange due aux matières organiques.

SOL DE SAVANE DES PLATEAUX DU NIARI

Ce deuxième type d'humus qui se forme sous un type de savane beaucoup plus dense et haute, est issu à la fois de la décomposition des débris végétaux en partie brûlés qui jonchent le sol et de la décomposition "in situ" du système racinaire.

L'horizon A₀ est très réduit et n'existe que par places. Il est surtout constitué de débris de tiges d'*Hyparrhenia* à demi calcinées.

L'horizon humifère supérieur, contient une matière organique peu évoluée (C/N de 15 à 17), riche en cendres qui contribuent à donner à cet horizon une couleur noirâtre. Cette matière organique confère à cet horizon une structure grumeleuse petite. La teneur en acides fulviques est élevée. C'est un horizon relativement riche en bases échangeables et le degré de saturation est supérieur à 15 %.

Plus en profondeur, la matière organique donne au sol une couleur brun-grisâtre à brun. C'est une matière organique nettement plus évoluée (C/N inférieur à 10) mais elle ne contient que des traces d'acides humiques, tandis que le taux d'acides fulviques est encore élevé.

La pénétration organique cesse dans l'horizon inférieur, d'être homogène et se fait préférentiellement par les trajets d'anciennes racines, le long des fentes structurales du sol et entre les agrégats argileux. Ceux-ci sont d'ailleurs le plus souvent recouverts d'une pellicule brun-grisâtre qui contraste nettement avec la couleur jaune-ocre du matériau argileux, et donne à cet horizon un aspect bigarré.

Les métaux trivalents, en particulier Fer et Manganèse paraissent jouer un rôle important dans les liaisons entre les complexes humiques et le complexe minéral du sol. Le prétraitement des échantillons de terre à l'hydrosulfite permet en effet, une extraction plus complète des composés humiques.

Cette matière organique paraît jouer un rôle important dans le complexe absorbant de ce sol, et l'on peut évaluer approximativement la capacité d'échange de la matière organique contenue dans la partie supérieure de l'horizon humifère entre 180 et 200 meq/100 g. de matières organiques (+).

La minéralisation de cette matière organique paraît moyennement active en ce qui concerne la minéralisation du carbone. Par contre les mesures d'azote minéralisable indiquent une minéralisation faible pour les premiers cm des sables et généralement négative plus en profondeur.

SOL DE SAVANE DES PLATEAUX BATEKES

Ce type d'humus se caractérise principalement par la pénétration jusqu'à plus d'un mètre de profondeur, d'une matière organique brun-noirâtre.

L'importance de cette pénétration humifère semble due à ^{différents} ~~différentes~~ facteurs:

- la perméabilité importante de ce sol finement sableux
- les remaniements des horizons du sol par la faune du sol : termites et surtout de nombreux rongeurs.

Il faut cependant remarquer que la coloration très sombre de cette matière organique porte l'observateur à surévaluer les teneurs matières organiques des différents horizons. En réalité sous savane faiblement arbustive, d'aspect presque steppique,

..../...

(+) L'utilisation d'une méthode de mesure de la capacité d'échange de la matière organique, par différence : avant et après destruction de la plus grosse partie des matières organiques par traitement à l'eau oxygène, nous a conduit à une évaluation nettement inférieure 110 meq/100 g. Mais cette méthode qui a pourtant été utilisée par de nombreux auteurs, présente de nombreux défauts qui sont liés à l'action peu précisée de l'eau oxygénée sur les complexes argilo-humiques.

l'horizon supérieur a une teneur en matières organiques de l'ordre de 2,5 % avec un C/N de 15 à 16. Ailleurs, sous savane plus arbustive, le taux de matières organiques est d'environ 3 % avec un C/N légèrement supérieur. (9)

Le taux d'humification de cette matière organique est relativement élevé (28 % en surface et 60 % en profondeur).

Au point de vue structure, il faut noter que la matière organique confère aux horizons humifères supérieurs une structure grumeleuse peu cohérente. Mais cette agrégation est d'un type spécial puisque le taux d'agrégats maximum est obtenu à la suite du prétraitement au Benzène (v. p. 26 et pl. 5 bis, p. 27).

Cette matière organique joue un rôle important dans le complexe absorbant du sol et la capacité d'échange est de l'ordre de 35 à 140 meq/100 g. de matières organiques.

La minéralisation de cette matière organique paraît moyennement active pour la minéralisation du carbone organique est faible à négative pour la minéralisation de l'azote organique.

SOL DE FORET HUMIDE SUR GRANITE

Ce type d'humus se forme sous une forêt ancienne, sempervirente, dans un milieu constamment humide pendant toute la saison des pluies et qui ne se dessèche que fort peu au cours de la saison sèche.

La décomposition des débris organiques qui tombent sur le sol est très rapide et la litière est seulement constituée de quelques feuilles mortes, dont la décomposition paraît être le fait d'une flore fongique très active.

L'horizon supérieur du sol est très riche (+) en une matière organique intimement mélangée à la matière minérale et qui confère au sol une structure grumeleuse.

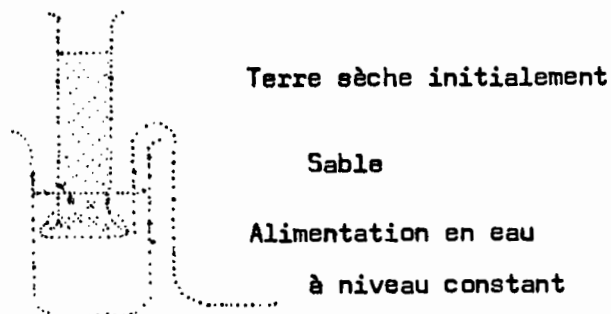
.../...

(+) La teneur en matière organique de l'horizon 0-5 cm est de 12 à 13 %.
Le C/N de cette matière organique est de l'ordre de 14-15.

Cette matière organique contient des corps humiques en grande quantité. Sa capacité d'échange est de l'ordre de 80 meq/100 g. de matières organiques.

Cet horizon très humifère est cependant peu épais (2 à 5 cm), et l'on passe rapidement à un horizon beaucoup moins humifère, qui ne contient que des traces d'acides humiques mais dont le taux d'acides fulviques est relativement élevé. Cette matière organique est relativement évoluée (C/N de 10) et sa capacité d'échange décroît rapidement avec la profondeur.

En humectant des échantillons provenant de l'horizon humifère de ce sol, nous nous sommes aperçus que pour certains échantillons, la terre mise au contact de l'eau, flottait. Pour préciser ce phénomène, nous avons utilisé le dispositif du schéma ci-joint, pour mesurer la vitesse ascensionnelle d'humectation d'une colonne de terre de 10 cm de haut. Les résultats obtenus sont les suivants :



Prélèvements du	: 12 Nov. 1959	: 10 cm en 35 minutes
(profondeur 0-5 cm)	12 Mars 1960	: 10 cm en 33 minutes
	10 Mai 1960	: 3 cm en 15 jours
	11 Juil. 1960	: 9 cm en 15 jours
	21 Sept. 1960	: 10 cm en 2 h 45 minutes
	23 Nov. 1960	: 10 cm en 39 minutes

Etant donné que les échantillons ont été toujours traités de la même manière (prélèvement, séchage, remplissage du tube etc). On est obligé d'admettre qu'il y a une modification saisonnière de la mouillabilité du sol. En fin de saison des pluies et en saison sèche, la matière organique de l'horizon supérieur de ce sol, malgré sa forte affinité pour l'eau, se comporte comme un anti-mouillant et joue le rôle de produit hydrophobe.

Cette modification de la mouillabilité du sol ne semble pas due à une augmentation de la teneur en matières organiques du sol, puisque c'est pour l'échantillon prélevé en mai que l'on observe le minimum du taux de matières organiques.

Il est donc probable qu'il y a une modification de la nature physico-chimique de cette matière organique à cette époque de l'année et cette propriété s'atténue au cours de la saison sèche.

Cette très lente remontée capillaire que nous avons pu mesurer dans des conditions évidemment bien différentes de celles du sol en place, doit avoir pour conséquences d'une part un net ralentissement de la réhumectation des premiers cm du sol au cours de la saison sèche, ce qui limite l'évaporation et permet aux horizons plus profonds de rester relativement humides pendant cette période (cf.pl. 29 p.104), d'autre part du point de vue biologique, on peut noter que l'activité biologique du sol est sensiblement ralentie pendant cette période comme le montre les mesures du dégagement de gaz carbonique indice de l'activité biologique (31).

La minéralisation de cette matière organique est plus active en ce qui concerne la minéralisation de l'azote organique que pour celle du carbone.

HUMIDITÉ AU CHAMP

Dates de prélèvements

15/1/55

15/1/55

15/3/55

15/5/55

15/7/55

15/9/55

15/11/55

 Sol rouge érodé
sur grès de l'Inkisi

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

N

J

M

M

J

S

N

 Sol argileux des
plateaux de la
vallée du Niari
sous Savane

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

 Sol argileux des
plateaux de la
vallée du Niari
sous Cultures

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

 Sol de Forêt
humide
sur Granite

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

 Sol de Forêt
sèche sur
sables Kalahari re-
manés

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

 Sol de Savane
des plateaux
Batékés

 Cap de Ret.
P. de Filtr.
(P.F. 4.2)

SOL DE FORET SECHE SUR SABLE

Ce type d'humus se forme sous une forêt claire, caducifoliée, sur un matériau très pauvre en bases et très perméable.

Il se caractérise par la présence d'une litière (horizon Ao) de 3 à 5 cm d'épaisseur, formée d'un entrelacs de débris organiques rougeâtres, et d'un chevelu racinaire en partie fonctionnel. Cette litière contient une forte proportion (80 % en poids) de sables nus et déliés.

L'horizon supérieur du sol proprement dit contient une matière organique de couleur grisâtre, assez évoluée C/N de 13 et relativement riche en acides humiques. Cette matière organique ne paraît pas cependant avoir une évolution très favorable, car elle ne joue apparemment pas de rôle dans la structure d'ensemble de cet horizon, qui est particulière, presque cendreuse. Elle s'agglomère sous forme de petits agrégats grumeleux, noirâtres et peu sableux souvent fixés sur des radicelles, tandis que l'ensemble de l'horizon est constitué de sables déliés.

La présence de ces sables nus, dans la litière et dans la partie supérieure de l'horizon humifère conduisent à penser que cette matière organique joue un rôle important dans le décapage des sables, et dans la migration des hydroxydes de recouvrement. Rappelons en effet que le matériau originel est constitué par des sables ferruginisés.

La migration des matières organiques est importante spécialement pour les acides fulviques.

La capacité d'échange due à cette matière organique est de l'ordre de 60 à 70 meq/100 g. de matières organiques.

Cette matière organique joue vis-à-vis de l'eau le rôle anti-mouillant dont nous avons parlé à propos du type d'humus précédent. Cependant ici ce caractère est permanent, et nous n'avons guère observé de différences notables entre les échantillons correspondant aux différentes saisons de l'année.

.../...

La microflore de ce sol essentiellement fongique, paraît peu active et le taux de minéralisation du carbone est faible ; la minéralisation de l'azote organique paraît être relativement plus active.

Ces cinq types d'humus diffèrent sensiblement entre eux par les conditions qui président à leur genèse (voir tableau récapitulatif page 108).

Cependant ils présentent un certain nombre de caractéristiques communes :

- le taux d'acides humiques n'est important que dans la partie supérieure de l'horizon humifère. Par contre les acides fulviques, relativement abondants, pénètrent profondément dans le sol.

La capacité d'échange due à ces matières organiques est relativement peu élevée par rapport à la capacité d'échange de certains types de matières organiques de sols de pays tempérés.(24)

Par contre ces types d'humus diffèrent entre eux par leurs rapports C/N, par les taux d'humification et de minéralisation. Il semble à ce sujet, qu'il y ait une nette distinction entre les processus de minéralisation du carbone et de l'azote pour les matières organiques des sols de savane et celle des sols forestiers, mais ceci demanderait de plus amples vérifications.

- TYPES D' HUMUS -

Sol	Sol rouge éxo- dé sur grès de l'Inkisi.	Sol jaune argi- leux des pla- teaux de la vallée du Niari.	Sol de sava- ne de pla- teaux baté- kés.	Sol de forêt humide sur granite .	Sol de forêt sèche sur sables.
Horizons	Ao inexistant A ₁ brun peu coloré.	Ao très peu épais brûlé A ₁ épais.	Ao très peu épais, brûlé, noir. A ₁ très épais sombre.	Ao très peu épais A ₁ épais peu coloré.	Ao épais rougeâtre A ₁ épais sombre.
Mode de pé- nétration	Diffuse	Diffuse puis entre les agrégats et par trainées	Diffuse puis par taches et trainées	Diffuse	Homogène
Structure	Peu d'ac- tion	Grumaleuse puis nuci- forme	Grumaleuse peu cohéren- te	Grumaleuse	Struct.d'en- semble parti- culaire
pH	4,0	5 à 5,2	5,5	4,0	4,4
C/N	11 (A ₁)	15 à 16 (A ₁)	15	14	13
Taux de Sa- turation %	10	15	20	10	3
Conditions de formation	<u>Savane</u> faibt, arbustive forte éro- sion feu de brousse	<u>Savane</u> arbus- tive feu de brous- se	<u>Savane</u> très faibt, arbus- tive feu de brous- se	<u>Forêt</u> humi- de simper- virente	<u>Forêt</u> sèche caducifoliée
Faune (élé- ments domi- nants)		Termites	Termites et rongeurs	Vers de terre	Diplopodes
Microflore	Lichens activité microbio. réduite	act.bio. moy.	act.bio. faible	act.bio. moy.	act.bio. très faible
Taux de (C minéra- (N lisation (	moy. faible à très faible	moy. très faible à négatif	moy. faible à négatif	faible moy.	faible moy.
Valeur des complexes humiques ac.humiques	très pauvre	faible	faible	élevée en surface fai- ble en profon- deur	moy. en surface
ac.fulviques	relativt. élevée surtout en profondeur	élevée	élevée sur- tout en pro- fondeur	élevées en sur- face et en profondeur	moy.en surface relat.élevée en profondeur
Observation		recouvrements argilo-humi- ques des agrég.	Pénétration humifère profondeur		Entrainement des hydroxydes de recouvr.: Sables nus.

=====

C O N C L U S I O N

=====

Cette étude que nous avons essayé de rendre aussi complète que possible se présente principalement comme une série d'observations et de résultats analytiques; elle répond par cela au premier but que nous nous étions fixés : faire un inventaire de la microflore d'un certain nombre de sols typiques du Congo. Cet inventaire en fournissant des exemples précis de paysages microfloristiques seront d'un grand intérêt pour l'interprétation des études microbiologiques futures, et en particulier pour les études appliquées à des problèmes agronomiques, portant sur les catégories de sols étudiés.

Ces observations ont d'autre part permis de montrer qu'il était possible d'établir une caractérisation microbiologique des sols à une échelle régionale , non pas en utilisant un ou deux critères isolés, mais plutôt par la confrontation d'un certain nombre de résultats de déterminations analytiques , qui permettent d'avoir une idée de l'activité des différents groupements physiologiques de la microflore du sol.

Cependant cette caractérisation se heurte à deux difficultés majeures. L'une est relative aux techniques analytiques, l'autre est relative aux variations saisonnières de l'activité biologique des sols.

En ce qui concerne les techniques analytiques, la principale difficulté réside dans le choix de méthodes adaptées à la physiologie des germes présents dans les sols congolais. Si certaines techniques, adaptées aux sols tropicaux (16 et 20) paraissent convenir, il apparaît nécessaire bien souvent de les renouveler totalement en fonction des conditions écologiques qui président à l'activité microbienne dans les sols intertropicaux, et en fonction de la physiologie même des germes présents dans ces sols. La preuve en est fournie, lorsque les résultats de diverses déterminations analytiques ne concordent pas entre eux, ni avec les observations faites au champ. Nous en avons donné un exemple dans une autre rapport (12) relatif à la nitrification. Il apparaît d'ailleurs, d'une façon générale, que l'interprétation des résultats analytiques est apparemment plus aisée et les recoupements sont plus nombreux, lorsque l'on examine les rendements correspondants à l'activité des

différents groupements physiologiques, plutôt que le nombre de germes qui se développent sur le milieu électif correspondant,

La deuxième difficulté rencontrée pour la caractérisation microbiologique des sols est relative aux variations de leur activité biologique. Ces variations dont on ignore à priori l'amplitude sont toutefois importantes comme le montre les résultats analytiques correspondant aux différents prélèvements pratiqués au cours des saisons. Elles paraissent liées plus ou moins étroitement aux modifications saisonnières du pédoclimat. Mais leurs modalités restent à préciser.

Il en résulte que les analyses d'échantillons prélevés à un moment quelconque de l'année ne peuvent être que difficilement interprétées, si l'on ne connaît pas, par ailleurs, les lois relatives à l'évolution saisonnière des différentes caractéristiques que l'on veut mesurer.

En conséquence, une caractérisation microbiologique des sols doit être conçue en tenant compte de la dynamique du sol.

Cet aspect évolutif de la microflore, tout en rendant plus délicate la caractérisation microbiologique des sols, permet paradoxalement de la préciser.

La confrontation des observations morphologiques, physiques, chimiques et microbiologiques a permis dans certains cas de relier ces observations entre-elles et d'élaborer un certain nombre d'hypothèses qui demanderaient des vérifications détaillées.

En particulier les cycles climatiques paraissent avoir une influence déterminante, soit par l'intermédiaire des cycles végétatifs annuels des végétaux supérieurs, soit par les modifications du pédo-climat, sur la nature et l'importance des matières organiques des sols.

Ces variations relatives aux matières organiques du sol constituent sûrement un des facteurs déterminants pour les variations de l'activité biologique du sol; mais comme nous l'avons vu en particulier pour le cycle de l'azote dans le sol ce n'est pas le seul facteur d'évolution de la microflore et le pédoclimat doit jouer un rôle très important.

A N N E X E S

- M E T H O D E S D ' A N A L Y S E -

DETERMINATIONS PHYSIQUES

Terre fine : Fraction qui traverse la passoire à trous ronds de 2 mm. après broyage léger. (Les résultats sont rapportés au poids de terre fine).

Couleur : Selon le Code "Munsell Soil Color charts" sur la terre fine séchée à l'air. (Les couleurs données dans les descriptions de profil correspondent cependant à la terre humide).

Humidité au champ : Dessication à l'étuve à 105°, de la terre conservée en récipient hermétique (Exprimé en %).

Analyse mécanique : Par granulométrie. Le dispersant employé est le pyrophosphate de soude. La séparation des particules fines est effectuée à l'aide de la pipette ROBINSON. Résultats en % de terre fine.

pH : Méthode électrométrique (électrode de verre, pH-mètre type : JOUAN 1949). Rapport sol/eau - 1/2,5, (ou 1/1 pour les sols sableux.)

Analyse des agrégats : Méthode Hénin, par tamissage dans l'eau après prétraitement (alcool, benzène) et sans prétraitement.

Test de percolation : Mesure de K (vitesse de filtration) par la méthode Hénin (6^e Congrès Sc. Sol. I, p. 49).

Capacité de rétention : Humidité en % ~~du poids de terre sèche~~, de la terre préalablement saturée d'eau et soumise à la presse à membrane à une pression de 0,33 Atmosphère (pF : 2,5).

Point de flétrissement : Humidité en % du poids de terre sèche, de la terre préalablement saturée d'eau et soumise à la presse à membrane à une pression de 15 Atmosphères (pF : 4,2)

.../...

DETERMINATIONS CHIMIQUES

- Carbone : Méthode WALKLEY et BLACK : oxydation par le mélange sulfo-chromique à froid, et dosage de l'exode, ~~de bichromate~~ par le sel de Mohr (Exprimé en % du poids de terre séchée à l'air).
- Azote total : Méthode de KJELDAHL modifiée: attaque sulfurique en présence d'un catalyseur, déplacement, entraînement et dosage de l'ammoniac formé. (Exprimé en mg. d'Azote pour 100 g. de terre séchée à l'air).
- Azote minéral : Extraction par le chlorure de potassium. L'azote ammoniacal est déplacé par la magnésie, les nitrates sont réduits par l'alliage Devarda. (Résultats exprimés en mg. d'azote ammoniacal et nitrique pour 100 g. de terre sèche).
- Humus : Extraction au fluorure de sodium 1 % et dosage des acides humiques et fulviques par manganimétrie. (Résultats exprimés en mg. pour 100 g. de terre sèche).
- Bases échangeables : Extraction à l'acétate d'ammonium. Dosage de K, Na, Ca par photométrie (Photomètre à flamme BEAUDOIN type PINTA). Dosage de Mg par colorimétrie au jaune Thiasol, à 546 m μ (colorimètre Lange). (Résultats en meq pour 100 g. de terre sèche).
- Bases totales : Extraction par l'acide nitrique concentré à ébullition pendant 5 h. Après séparation des hydroxydes et des phosphates, les éléments sont dosés comme précédemment (Résultats en meq/100 g.)
- Phosphore assimilable : Méthode TRUOG : Extraction à l'acide sulfurique 0,002 N et colorimétrie au "bleu de molybdène" à 830 m μ . (P₂O₅ en mg/100 g.).
- Phosphore total : Effectué sur la même extraction que les bases totales. Précipitation à l'état de phosphomolydate et dosage alcalimétrique (P₂O₅ en mg/100g)
- Capacité d'échange : Méthode PARKER modifiée : percolation à l'acétate d'ammonium. Déplacement par le chlorure de potassium. Distillation et dosage de l'ammoniac. (Résultats exprimés en meq/100 g. de terre sèche à l'air).
- Fer libre : Méthode DEB - Résultats exprimés en Fe₂O₃ pour cent.

DETERMINATIONS MICROBIOLOGIQUES

Prélèvement et préparation des échantillons

Les analyses microbiologiques ont été pratiquées sur des échantillons moyens, obtenus à partir d'un nombre de prélèvements élémentaires, fonction de la surface de sol étudiée.

Prélèvement, homogénéisation, puis séchage, broyage et tamisage (tamis de 1 mm) sont effectués avec le maximum d'asepsie (main métallique, mortier, tamis étant soigneusement nettoyés et flambés à l'alcool), en ayant soin d'éviter la souillure de l'échantillon par des traces d'une autre terre, et en réduisant le broyage ménagé au minimum nécessaire pour obtenir un échantillon relativement homogène.

CYCLE DE L'AZOTE

Numération des fixateurs d'azote aérobies (Azotobacter et Beijerinckia)

Culture sur silico-gel imprégné par le milieu de Y. Dommergues (pH 5,8-6,1) (16 et 17)ensemencé par un poids de terre(20).

La lecture est faite au bout de 21 jours de culture à 30° , et les résultats sont exprimés en nombre de colonies par gramme de terre .

Rendement de fixation en milieu liquide

Milieu : Solution saline de Dommergues pH 6	5 cm3	(17)
Glucose	1 g.	
Eau	Q.S.P.	100 cm3

Ce milieu est réparti à raison de 100 cm3 dans des erlen de 300 cm3 (Coefficient Surface/Volume est voisin de 1/2), Stérilisé 10 minutes à l'autoclave, et ensemencé par 1 g. de terre.

Dosage de l'Azote total au bout d'un mois de culture à 30°. Faire un témoin pour chaque terre analysée.

.../...

Ammonification de l'urée

La technique utilisée est celle de Pochon et Tohan (30) modifiée par Y. Dommergues (16).

Le taux d'enrichissement de la terre en urée est de 3 % par rapport au poids de terre sèche. On mesure non seulement l'azote ammoniacal dégagé, mais encore celui absorbé par la terre, et l'on retranche l'azote ammoniacal préexistant.

Cette méthode présente le gros avantage de rendre compte de l'ammoniaque fixé par des terres acides. Pour les terres étudiées, la quantité d'ammoniaque fixée varie en effet entre 70 et 98 % de l'ammoniaque formé en trois jours, mais nous n'avons pas trouvé de relation entre le pourcentage d'ammoniaque fixé dans les terres et leurs propriétés physico-chimiques (pH, capacité d'échange, et degré de saturation.)

Les résultats sont exprimés en mgr d'azote ammoniacal formé par les germes ammonifiants contenus dans 100 g. de terre. Le pourcentage d'urée décomposée est donc égal à $\frac{X}{140} \times 100$.

Nitrification

A la méthode classique de numération sur silico-gel de Winogradsky nous préférons (12) la méthode de culture en milieu liquide, et dosage des nitrites (réactif de griess) afin de déceler l'apparition et la disparition des nitrites.

Ferments nitreux :

Milieu :	Solution minérale de Winogradsky (33)	5 cm ³
	Carbonate de calcium	1 g.
	Sulfate d'ammonique	50 mg.
	Eau	Q.S.P. 100 cm ³

Réparti en erlen. de 100 à raison de 25 cm³ par erlen, stérilisé 10 minutes et ensemencé par 1 g. de terre.

L'activité des ferments nitreux est caractérisée par le temps de latence (apparition des nitrites), la fin de la nitrification (disparition des nitrites) et par la courbe: concentration en nitrites en fonction du temps de culture.

Ferments nitriques :

Milieu : même milieu, mais le sulfate d'ammoniaque est remplacé par du nitrite de potassium (100 mg) et l'on recherche le jour de disparition des nitrites.

Dénitrification : (Réduction des nitrates)

Milieu de culture donné par de Barjac (7) réparti en tubes à essais, stérilisé et ensemencé par des dilutions de terre (30).

Lecture le 7ème jour de culture, on apprécie l'activité dénitrifiante, par la présence de nitrites, et si ce stade de réduction est dépassé par la disparition des nitrates (réaction à la diphénylamine sulfurique). Les résultats sont exprimés en nombre de colonies par g. de terre.

Azote minéral au champ

Voir technique d'extraction et de dosage p : 114 . L'extraction a lieu sur le terrain et l'on ajoute du toluène pour conserver la liqueur d'extraction. Il est de plus nécessaire de faire parallèlement une mesure d'humidité au champ afin de rapporter les teneurs en azote nitrique et ammoniacal (exprimées en mg d'azote pour 100 g. de terre) à un poids de terre sèche.

Azote minéralisable

Méthode sensiblement conforme aux normes données par Drouineau G. et Lefevre G. (23) . Les résultats sont exprimés en mg d'azote ammoniacal et nitrique pour 100 g. de terre sèche.

Taux de minéralisation de l'azote

Rapport de l'azote minéralisable à l'azote total du sol, multiplié par 100.

CYCLE DU CARBONE

Dégagement de gaz carbonique

Dégagement au bout de 7 jours à 30°, de la terre amenée à une humidité égale à une fois et demi l'humidité équivalente et placée en récipient clos (sans absorbant de CO_2). Pour la méthode de dosage la technique est analogue à celle utilisée par Moureaux Cl. (29).

Les résultats sont exprimés en mg. de CO_2 dégagé par 100 g. de terre sèche.
Remarque : Cette méthode donne des résultats nettement inférieurs à la méthode préconisée par Y. Dommergues (21) de mesure du dégagement en présence d'un absorbant. Le tableau ci-joint montre qu'il n'y a pas proportionnalité, et les deux méthodes ne sont pas équivalentes.

GAZ CARBONIQUE DEGAGE PAR 100 GRAMMES DE TERRE (en mg.)				
Echantillon	:	Sans absorbeur de CO ₂	:	En présence de soude N/5
N°	:	(Méthode Cl. Moureaux) ²	:	(Méthode Y. Dommergues)
FL 506	:	13	:	19
FL 606	:	23	:	40
FL 106	:	20	:	40
FL 306	:	21	:	64
FL 206	:	47	:	114
FL 406	:	41	:	116
	:		:	

Taux de minéralisation du carbone

C'est le rapport en % du carbone minéralisé (v. ci-dessus dégagement de CO₂) au carbone total déterminé par la méthode Walkley et Black.

$$\frac{\text{soit } C - (CO_2)}{C_t} \times 100$$

Le carbone minéralisé, et le carbone total sont exprimés en mg et rapportés à 100 g. de terre sèche.

Cellulolyse aérobie

Numération sur gel de silice avec la méthode d'ensemencement (20) et le milieu décrit par Dommergues (16) . Les résultats sont exprimés en nombre de colonies (bactériennes et fongiques) par g. de terre.

Indice de consommation du glucose

Ce test biochimique (technique mise au point par Cl. Moureaux 29) rend compte de l'activité d'un grand nombre de germes (hétérotrophes). Le dosage du glucose non consommé au bout de 24 heures est réalisé par la méthode de Bertrand G.(14). Les résultats sont exprimés en mg. de glucose consommé par 100 g. de sol.

POUVOIR ENZYMATIQUE : Taux de saccharase

Méthode mise au point par Hofmann (25 et 26) et utilisée par Cl. Moureaux(29). Le dosage des sucres réducteurs est effectué suivant la méthode de G. Bertrand. L'indice du taux de saccharase est exprimé par le nombre de mg. de sucres réducteurs provenant du dédoublement de 10 g. de saccharose sous l'action de l'enzyme contenu dans 100 g. de terre.

Germes minéralisant les sels organiques du fer

Milieu de culture au citrate ferrique ammoniacal décrit par Allen (1) qui permet de mettre en évidence les germes métabolisant les sels organiques du fer. On observe la microflore minéralisant le fer sans le précipiter (pellicule brillante, rouille), et la microflore minéralisant et précipitant le fer. La numération est faite par la technique des dilutions de terre (30) sur des échantillons secs depuis un mois. Deux lectures (21ème et 35ème jour) paraissent suffisantes pour apprécier la densité des germes.

La méthode de numération cinétique (Augier et Lavergne (4-5-6) paraît plus intéressante pour apprécier la richesse spécifique du groupement des germes minéralisant les sels organiques du fer, mais n'apporte pas une précision supplémentaire pour l'évaluation de la densité de ces germes. Les conclusions de nos mesures faites par cette méthode cinétique sont d'ailleurs analogues à celles faites par Y. Dommergues (22).

Test biologique de fertilité minérale globale (*Aspergillus niger*)

Culture d'*Aspergillus* sur le milieu suivant :

Saccharose	100 g.
Acide citrique	10 g.
Sulfate d'ammoniaque	6 g.
Eau distillée	Q.S.P. 1000 cm ³

Les éléments minéraux sont fournis par la terre; et l'on apprécie ainsi la fertilité minérale d'une manière globale, par le poids de mycelium formé au bout de huit jours de culture.

Pour les terres du Congo, généralement pauvres, nous avons mis 20 g. de terre en présence de 50 cm³ de la solution; l'ensemencement est fait à l'aide de 1 cm³

d'une suspension de spores d'*Aspergillus Niger*.

Le mycelium récolté et lavé soigneusement est pesé après séchage à l'étuve (60°). Les résultats peuvent être entachés d'erreur pour les terres contenant des débris organiques qui surnagent et en conséquence étant inclus dans la masse du mycelium d'*Aspergillus* faussent par excès les résultats; c'est par exemple le cas de la terre n° 5 (p. 61).

REMARQUE IMPORTANTE :

Toutes les analyses microbiologiques sont réalisées en plusieurs exemplaires (au moins 3) et les résultats donnés correspondent à la moyenne des résultats expérimentaux obtenus.

RELEVES FLORISTIQUES DES
STATIONS D'OBSERVATION

SAVANE à ARISTIDA DEWILDEMANII , sur sol issu des grès de l'Inkisi
=====

Au sommet de la croupe on observe les différentes espèces suivantes :

Strate arbustive :

Hymenocardia acida (dominant)

Maprounea africana

Crossopterix febrifuga

Annona arenaria

Strychnos pungens

Vitex madiensis

Psorospermum febrifugum

Ochna gillettiana

Strychnos spinosa

Strate graminéenne :

Aristida Dewildemanii (dominant)

Andropogon pseudapricus

- schirensis

Sporobolus centrifugus

Strate herbacée non graminéenne :

Vernonia smithiana

Eulophia Milsonii

Cassitha filiformis

Bulbostylis sp.

Sur les pentes érodées aux essences déjà citées s'ajoutent :

Trichopterix fruticulosa

Elyonurus Hensii

En position de bas de pente :

Hyparrhenia diplandra (dominant)
Andropogon gabonensis
Aframomum stipulatum
Milletia versicolor
Sarcocephalus esculentus
Bridelia ferruginea
Elaeis guineensis
Pteridium aquilinum

Généralement le bas-fond est occupé par une galerie forestière constituée par les essences suivantes :

Elaeis guineensis
Musanga secropioides
Bosqueia angolensis
Vernonia conferta
Fagara macrophyla var. *Preussii*
Macaranga spinosa
Anthocista inermis
Macaranga Zenkeri
Xylopia aethiopica
Harungana madagascariensis (en lisière)
Milletia versicolor (-)

SAVANE à HYPARRHENIA DIPLANDRA, sur sol argileux de la Vallée du Niari

Strate arbustive :

Annona arenaria
Vitex madiensis
Bridelia ferruginea
Psorospermum febrifugum
Gardenia jovis-tonantis

Strate graminéenne :

Hyparrhenia diplandra

- cyanescens

Panicum phragmitoides

Schizachyrium platyphyllum

Brachiaria brizantha

Strate herbacée :

Abrus canescens

Asparagus africanus

Uraria picta

Eriosema glomeratum

- cajanoides

Glycine hedysaroides

Vernonia smithiana

Desmodium mauritianum

Bulbostylis abortiva

Hypoxis sp.

FORET HUMIDE du massif granitique du Chaillu

Strate arborescente :

Cynometra sp.

Strombosia grandifolia

Parinarium tenuifolium

Annonidium Mannii

Dialium pachyphyllum

Hexalobus crispiflorus

Chrysophyllum lacourtianum

Oxystigma oxyphyllum

Erythrophleum guineensis

Klainedoxa gabonensis

Petersia africana

Uapaca guineensis

Pycnanthus Kombo

Ongokea Gore

Sous étage :

Hylodendron gabunense
Pentaclethra macrophylla
Xylopia Quintasii
Funtumia elastica
Pentaclethra eetveldeana
Caelocaryon Klainei
Plagiostyles africana
Enantia pilosa
Strombosiopsis Zenkeri
Trichoscypha ferruginea
Duboscia sp.

Sous bois :

Maba kamerunensis
Microdesmis puberula
Treculia Brieyi
Scaphopetalum cf. amoenum

Tapis herbacé :

Mostuea schumanniana
Geophila sp.
Psychotria sp.
Myrsine sp.
Aracées
Commelinacées
Marantacées
Zingiberacées
Palmacées
Ptéridophytes

FORET SECHE , sur sables Kalahari remaniés
=====

Strate arborescente :

Hymenocardia ulmoides
Sapium cornutum
Milletia Laurentii
Bridelia micrantha
Milletia drastica
Ochtocosmus africanus
Allophylus africanus
Dracoena reflexa var. nitens
Caloncoba Welwitschii
Markhamia sessilis
Manilkara aff. multinervis
Bosqueriopsis Gilletii

Sous étage :

Barteria fistulosa
Lasianthus sp.
Strychnos variabilis
Trichilia Heudelotii
Sorindeia juglandifolia

Sous bois :

Dracoena Le Testui
Thomandersia laurifolia
Ouratea affinis
Palisota ambigua
Chaetocarpus africanus
Randia octomera
Olax viridis
Rauwolfia obscura
Rhopalopilium paliens
Coffea jasminoides
Rinorea sp.
Psychotria sp.

Essences arbustives lianiformes et lianes :

Morinda confusa
Uvaria brazzavillensis
Dalbergia kisanuensis
Hypselodelphys poggeanus
Acridocarpus Vanderystii
Roureopsis obliquifoliolata
Dichapetalum Brazzae
Prevostea Heudelotii
Byrsocarpus viridis
Agelaea Dewevrei
Manotes pruinosa
Cnestis iomalla
Triclisia sp.
Tetracera sp.
Eremospatha sp.
Sapium cornutum
Prevostea Heudelotii
Randia octomera
Caloncoba Welwitschii
Allophylus africanus
Dioscorea sp.

SAVANE à TRACHYPOGON THOLLONII des plateaux batékés

Strate arbustive :

Annona arenaria
Albizzia adianthifolia
Strychnos pungens

Strate graminéenne :

Trachypogon Thollonii

Hyparrhenia Ruprechtii

- familiaris

- filipendula

- diplandra

Sporobolus Dinklagei

Brachiaria brizantha

- kotschyana

Rhynchelytrum amethysteum

- roseum

Helyonurus Hensii

Digitaria Brazzae

Strate herbacée :

Carpodinus lanceolata

Eupatorium africanum

Eriosema glomeratum

Aspilia Dewevrei

Landolphia Thollonii

Aeschynomene batekensis

Parinari pumila

Cyanotis cf. lanata

Helichrysum mechowianum

Anisophyllea Poggei

Clerodendron spinescens

Uraria picta

Bulbostylis laniceps

Cyperus compressus

Desmodium mauritianum

Eulophia cuculata

Desmodium barbatum var. dimorphum

Indigofera capitata

Acrocephalus sericeus

- 128 -

Sphenoclea sp.

Vigna triloba

Osbeckia sp.

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

- 1.- ALLEN (O.N.) 1953 . Experiments in soil bacteriology. Burgess Publishing Co
Minneapolis, Minnesota.
- 2.- AUBERT (G.) et DUCHAUFOUR (Ph.) Projet de classification des sols.
VIème Congrès Sc. du Sol Paris, 1956. V. p. 597-604.
- 3.- AUBREVILLE (A.) Etude sur les forêts de l'A.E.F. et du Cameroun.
Bulletin scientifique n° 2, Ministère de la Fr. d'Outre-Mer, Mai 1948.
- 4.- AUGIER (J.) et LAVERGNE (D.) Numération de la microflore totale et micro-
structure. Ann. Inst. Past. t. 94. 1958 p. 766-774.
- 5.- AUGIER (J.) et LAVERGNE (D.) La numération des germes telluriques par voie
biologique. Nouvelle méthode d'appréciation : La numération cinétique.
Ann. Inst. Past. T. 95. 1958. p. 343-353.
- 6.- et du même A. Ann. Inst. Past. T. 95. 1958, p. 604-614.
- 7.- de BARJAC (H.) Ann. Inst. Past. 1952, 83, 207.
- 8.- BOCQUIER (G.) Aperçu sur les principales formations pédologiques de la
République du Congo.
Rapport ronéo ORSTOM-Ht. Commissariat Gén. à Brazzaville. Mai 1959.
- 9.- BOCQUIER (G.) et de BOISSEZON (P.) Note relative à quelques observations pédo-
logiques effectuées sur le plateau Batéké. I.E.C. n° MC 95. Juillet 1959.
- 10.- BOCQUIER (G.) de BOISSEZON (P.) KALOGA (B.) Reconnaissance pédologique de la
zone de Mifitsinngui dans la boucle du Niari. I.E.C. MC. 96.
- 11.- de BOISSEZON (P.) Premières observations sur la microbiologie de quelques sols
typiques de la République du Congo. I.E.C. MC.103. Avril 1960.
- 12.- de BOISSEZON (P.) Contribution à l'étude de la nitrification dans quelques sols
typiques de la République du Congo. I.E.C. MC. 109.
- 13.- BRUGIERE (J.M.) Le problème de l'humus dans l' utilisation rationnelle des sols
de la vallée du Niari en culture mécanisée.
2ème Conf. Interafr. des Sols n° 97, Vol. II , p. 1223.

- 14.- BRUNEL (A.) Traité pratique de chimie végétale Georges frères, Tourcoing.
- 15.- DEMOLON(A.) Dynamique du sol.Paris Dunod.
- 16.- DOMMERGUES (Y.) L'analyse microbiologique des sols tropicaux acides.
Mém. Inst. Sc. Madagascar D. IV, fasc. 2, 1952, p. 169-181.
- 17.- DOMMERGUES (Y.) Influence du défrichement de forêt suivi d'incendie sur
l'activité biologique du sol.
Mém. Inst. Sc. Madagascar D, IV, fasc. 2, 1952, p. 273-296.
- 18.- DOMMERGUES (Y.) Note précisant la biologie de l'Az. indicum ainsi que sa
répartition à Madagascar.
Mém. Inst. Sc. Madagascar D, V, 1953, p.
- 19.- DOMMERGUES (A.) A propos de l'Az. Lacticogènes.
Mém. Inst. So. Madagascar D, V, 1953.
- 20.- DOMMERGUES (Y.) Numération des germes telluriques sur milieux électifs au silico-
gel VIème Congrès Inter. Sc. du Sol. Paris, 1956. III , p. 393.
- 21.- DOMMERGUES (Y.) La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les
sols. Un exemple d'utilisation des techniques biologiques dans la carac-
térisation des types pédologiques.
Agronomie Tropicale N° 1, Janv-Février 1960. p. 54-72.
- 22.- DOMMERGUES (Y.) Application de la méthode de numération cinétique à la carac-
térisation de quelques groupements physiologiques de microorganisme telluri-
ques.
Ann. Inst. Past. 98, 1960, p. 887-901.
- 23.- DROUINEAU (G.) et LEFEVRE (G.) Première contribution à l'étude de l'azote miné-
ralisable dans les sols .
Ann. Agro. 9, p. 518-536.
- 24.- DUCHAUFOUR (P.) Pédologie Applications forestières et agricoles.
Ec. Nat. des Eaux et Forêts.Nancy.
- 25.- HOFMANN (E.) et SEEGERER (A.) 1951 Über das Enzym system unserer Kulturböden
(saccharase) Biochemische Zeitschrift, 322,p. 174-179.

- 26.- HOFMANN (E.) 1952. Enzymreaktionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit.
Zeit. für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, Berlin, 56 (101) p.68-72.
- 27.- KAUFFMANN (J.) BOQUEL (G.) TOUSSAINT (P.) Recherche de l'influence du climat et de la végétation sur la flore microbienne des sols tropicaux.
L'Agronomie tropicale. 1953 . 5. 476-481.
- 28.- MARTIN (G.) 1958. Essai de bilan de quatre années d'études pédologiques dans la Vallée du Niari. Rapport ronéo, I.E.C. MC. 90.
- 29.- MOUREAUX (C.) 1957. Test biochimique de l'activité biologique de quelques sols malgaches.
Mém. Inst. Sc. Madagascar, Série D, VIII , p. 225-41.
- 30.- POCHON (J.) 1954. Manuel technique d'analyse microbiologique du sol.
Masson , Paris.
- 31.- POCHON et de BARJAC (H.) 1958. Traité de microbiologie des sols Dunod. PARIS.
- 32.- WAKSMANN (S.) Soil Microbiology 1952. John Wiley et fils. New-York.
- 33.- WINDGRADSKY (S.) 1949. Microbiologie du sol. Masson et Cie Paris.

Destinataires :

- Directeur Général ORSTOM (2)
- Directeur I.E.C.
- M. le Chef du Service Pédologique
- Service Pédologique
- Service de l'Agriculture de la République du Congo
- Station agronomique de Loudima
- M. le Directeur des Plantations de Komono
- M. le Professeur TROCHAIN
- D. 38
- Centre de Bangui
- Centre de Yaoundé
- Centre de Pointe-Noire
- Centre de Fort-Lamy
- Centre de Libreville
