

# GLYCOLYSE ET ACTIVITÉ MICROBIOLOGIQUE GLOBALE EN DIVERS SOLS OUEST-AFRICAINS

par

Cl. MOUREAUX \*

avec la collaboration technique de A. Samb

## INTRODUCTION

- 1 - Sols minéraux bruts d'apport
- 2 - Vertisols lithomorphes à structure massive
- 3 - Sols bruns subarides
- 4 - Sols ferrugineux tropicaux non lessivés
- 5 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés
- 6 - Sols faiblement ferrallitiques
- 7 - Sols hydromorphes

## CONCLUSION

## BIBLIOGRAPHIE

## RESUME

## ANNEXES

- Description de profils
- Méthodes analytiques

L'objet de cette note est d'indiquer quelques exemples de l'utilisation que nous avons pu faire en Afrique d'un indice d'activité microbiologique globale des sols précédemment mis au point à Madagascar. Nous l'avons, dans la Grande Ile, largement appliqué à de très divers types pédologiques (MOUREAUX, 1957 b, 1959, et al. 1959, 1961) et également aux sols volcaniques sous canne à sucre de l'île Maurice (MOUREAUX, 1957 a). Cet indice repose sur la vitesse de disparition de glucose ajouté au sol à faible concentration (0,5 %) au cours d'une incubation de 24 heures à 30° ; il a été appliqué aux sols prélevés dans leur presque totalité au Sénégal \*\* et bien représentés dans l'Ouest Africain des groupes ci-dessous de la classification pédologique française (AUBERT, 1963).

- 1 - Sols minéraux bruts d'apport.
- 2 - Vertisols lithomorphes largement structurés.
- 3 - Sols bruns subarides.
- 4 - Sols ferrugineux tropicaux non lessivés.

\* Directeur de Recherches, Centre O.R.S.T.O.M. de Hann, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

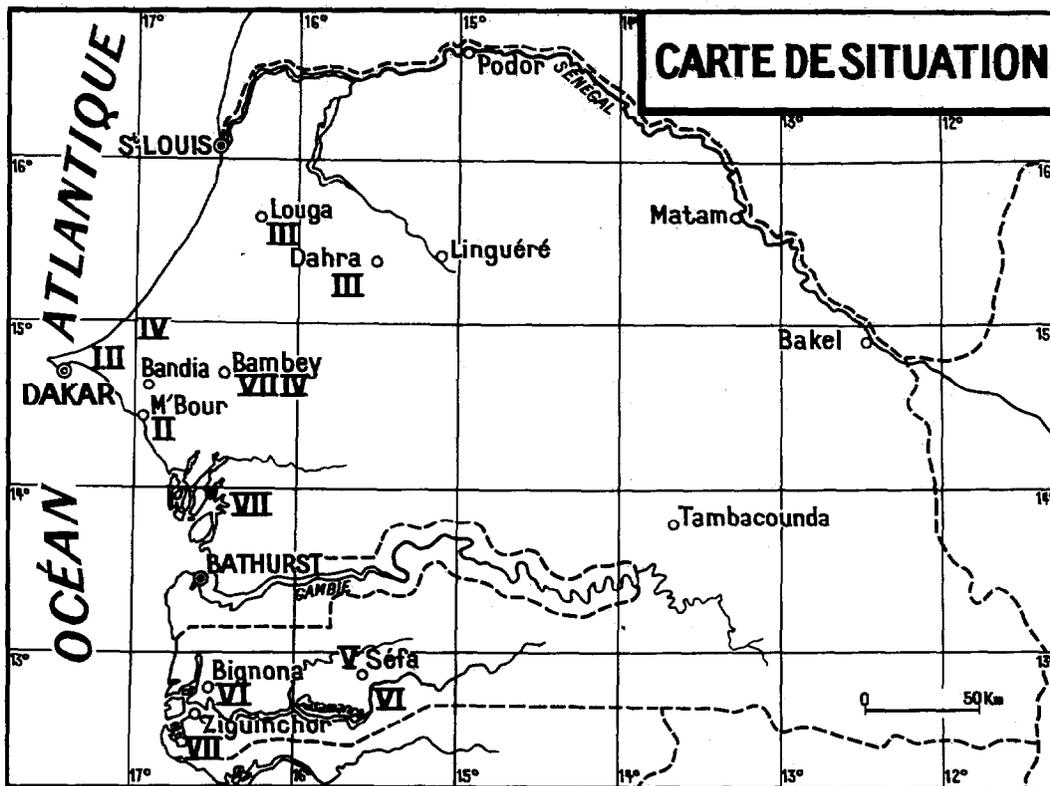
\*\* Les prélèvements de sols dont il est traité dans cette note ont été réalisés dans un ordre assez dispersé. Dans un travail à paraître ultérieurement, quatre des groupes précédents sont étudiés sur des séries systématiques de 40 échantillons prélevés selon un plan statistique.

- 5 - Sols ferrugineux tropicaux lessivés.
- 6 - Sols faiblement ferrallitiques (de transition).

Quelques sols hydromorphes sont également considérés. Il est certes possible d'apprécier l'activité microbiologique globale des sols sous des angles divers : numérations de germes telluriques, respiration, abondance de différentes enzymes, saccharase notamment.

Chaque méthode peut faire l'objet de critiques particulières. En effet, des caractéristiques propres à divers sols peuvent affecter un groupe de déterminations plutôt qu'un autre - ainsi en ce qui concerne la mesure du pouvoir enzymatique saccharase, l'abondance de cette enzyme dans les lichens, fort répandus sur les sols pauvres, érodés, leur confère une valeur illusoire par rapport à l'échelle établie pour les autres sols ; cette observation vaut sans doute aussi pour les algues bleues, surtout en sols hydromorphes. Les climats à périodes sèches et humides alternées paraissent assez favorables à l'établissement de croûtes d'algues et de lichens sur les sols eux-mêmes ; leur présence est assez courante dans le Sud-Ouest des Etats-Unis, notamment sur sols colluviaux sableux (FULLER, CAMERON, RAICA, 1961). Nous avons fréquemment observé des amas d'algues bleues sur les sols ferrugineux tropicaux et faiblement ferrallitiques. Quant aux numérations bactériennes, même effectuées sur milieux polyvalents, elles ne reflètent que certains groupes de germes du sol.

Il n'y a rien d'étonnant, par conséquent, à l'obtention de résultats sensiblement divergents selon les méthodes employées. Le plus souvent, d'ailleurs, nos connaissances ne sont pas encore assez avancées pour expliquer les écarts d'une méthode à l'autre.



I Sols d'apport II Vertisols III Sols bruns subarides IV Sols ferrugineux tropicaux non lessivés  
 V Sols ferrugineux tropicaux lessivés VI Sols faiblement ferrallitiques VII Sols hydromorphes

Figure 1 - Croquis de situation des sols prélevés.

En ce qui concerne l'addition de glucose au sol, de nombreuses études ont été consacrées à son métabolisme par la microflore, par DROBNIK (1958 - 1960), MACURA et KUNC (1961). WINOGRADSKY (1949) ne paraît en avoir retenu comme intérêt que l'étude du développement des fixateurs d'azote. Pour MACURA et KUNC, un enrichissement en glucose met en jeu une fraction importante de la microflore tellurique, puisqu'elle stimule la décomposition de la matière organique préexistante du sol.

Ce phénomène a été décrit sous le nom de *priming action* et mis en évidence par le carbone marqué (JANSSON, 1961).

Divers métabolites sont identifiés dans les sols au cours de la dégradation du glucose : polysaccharides, acides organiques divers (gluconique ...), glycine, alpha-alanine, urée, sucres variés.

A la dose de glucose ajouté au sol dans notre détermination (100 mg pour 20 g de sol, soit 0,5 %), nous avons le plus souvent observé la disparition totale du glucose vers le troisième jour (rarement entre 24 et 48 heures pour des sols d'une extrême activité).

MACURA a montré que, dans le cas d'addition continue de glucose au sol, sa vitesse de minéralisation augmente jusque vers le troisième ou cinquième jour pour ensuite s'établir à un niveau presque constant (MACURA, SZOLNOKI, VANCURA, 1962), peu différent, semble-t-il, d'un sol à l'autre.

Pour nous, ici, le point important reste la vitesse du début de l'attaque.

Y. DOMMERGUES (1962) a observé de son côté que la dégradation du glucose en divers sols ouest-africains, étudiés dans sa thèse aux faibles humidités, ne dépend pas du type de sol en ce qui concerne le seuil d'humidité, ce qu'il explique par le fait "qu'il existe toujours, même dans les sols biologiquement les plus pauvres, des germes susceptibles de dégrader rapidement le glucose".

Pour le but que nous poursuivons qui est de déterminer l'activité microbologique globale, nous pouvons nous contenter de la simple constatation de la quantité de glucose utilisé par la microflore tellurique, si l'on accepte l'hypothèse de départ que les glucides les plus simples sont utilisés par le plus grand nombre de germes du sol, la grande majorité des hétérotrophes, d'où le choix du glucose. Quelques groupes physiologiques de germes n'utilisent certes pas le glucose : cellulolytiques stricts, ou autotrophes comme les bactéries de la nitrification ; ils ne sont jamais assez abondants vis-à-vis de la microflore totale pour infirmer cette proposition. Il apparaît, en particulier, que dans le groupe hétérogène des cellulolytiques, qui en fait, conditionne presque entièrement la continuité de la vie du sol, beaucoup des germes qui le composent puissent fort bien utiliser le glucose (*Cytophaga*, *Cellfalcicula*, *Cellvibrio*, *Aspergillus*, *Penicillium*) (SALLE, 1961).

Les fixateurs d'azote atmosphérique peuvent, aussi, contribuer de façon sensible (MACURA et KUNC, 1961), à l'utilisation du glucose ajouté, mais le phénomène ne présente pas le caractère constant que lui attribuait WINOGRADSKY (1949).

Point n'est besoin non plus de faire la part du glucose attaqué par voie enzymatique (nous avons fait quelques expériences montrant l'attaque enzymatique du glucose - en présence de toluène. Cependant, il est nécessaire de travailler avec une forte concentration de glucose et la mesure de la faible proportion de glucose dégradé est difficile).

Comment expliquer que les sols se classent très différemment dans le cas précis de la quantité de glucose consommé au cours des premières 24 h ? Nous voyons l'influence :

1 - du nombre total de germes initialement présents dans le sol. MACURA et KUNC (1961) ont, d'ailleurs, établi que l'addition de glucose seul modifie peu le nombre total de germes ;

2 - de la composition qualitative de la microflore ;

3 - des propriétés intrinsèques du sol et notamment de sa richesse minérale qui peut jouer le rôle de facteur limitant à une impulsion biologique même faible. Ainsi, l'addition d'azote, particulièrement sous forme ammoniacale, stimule la dégradation du glucose (DROBNIK, 1958). La richesse en bases échangeables peut aussi limiter la baisse de pH causée par l'apparition d'acides organiques. Nous avons, nous-même, déterminé sur des sols variés les réponses de la quantité de glucose dégradé à l'addition de phosphore, potasse, oligo-éléments (MOUREAUX, 1956 et 1957 a).

On peut aussi penser que certains germes du sol n'utilisant pas habituellement le glucose, vont participer à sa dégradation, mais avec un temps de latence variable. Cette période de latence serait plus faible pour la microflore zymogène (au sens de WINOGRADSKY, flore envahissant le sol à la suite d'un enrichissement) que pour la microflore autochtone, c'est-à-dire habituelle du sol et l'indice d'utilisation du glucose pourrait refléter la prédominance de l'une sur l'autre.

En fait, la microflore d'un sol normal supportant une végétation, est obligatoirement composée de groupes zymogènes et autochtones au sein d'un milieu hétérogène, du fait de la succession, dans le temps, des apports de matière organique fraîche et des remaniements constants par la microfaune. Un sol qui ne comporterait que la microflore autochtone serait donc un sol mort ou tout au moins en voie de le devenir rapidement.

BURGES (1963) a bien insisté sur cet aspect du sol : mosaïque de zones à processus zymogènes et de zones à processus autochtones où la dynamique des transformations modifie sans cesse le caractère de chacune. Ces remarques peuvent atténuer la critique de notre méthode plaçant le sol dans des conditions pouvant paraître peu écologiques. Nous pouvons ajouter que la dégradation de la cellulose dans le sol aboutit très probablement au glucose : seule la dégradation immédiate des faibles quantités apparues à chaque instant l'empêche d'être un constituant normal du sol, sinon à l'état de traces (ROBERT, 1964).

DROBNIK, établissant des courbes de respiration du sol en présence de glucose, met également en liaison, dans une certaine mesure, l'intensité de la première phase d'oxydation du glucose avec le potentiel biologique du sol (DROBNIK, 1960).

Des recherches récentes (LUNDEGÄRDH et STENLID, 1944) ont d'ailleurs montré la sécrétion de glucose par des racines (blé, pois, maïs). On est en droit de penser que le phénomène est assez général.

Dans le cas du maïs, Z. A. ARKAD'EVA (1963 a) n'a pu d'ailleurs, mettre le glucose en évidence que sur racines stériles, car sans stérilisation, les germes de la rhizosphère utilisent le glucose au fur et à mesure de son apparition. La même observation est faite sur le sarrasin (1963 b).

Ceci confirme la conception, longtemps restée empirique, selon laquelle microflore et végétation sont étroitement liées dans leurs activités et nous y voyons un argument, appuyant la valeur écologique d'une mesure du glucose dégradé.

Nous présentons ci-dessous quelques expériences dont le but est de mettre en évidence, d'une part, l'influence du nombre initial de germes dans le sol et, d'autre part, l'importance du niveau minéral, dans nos conditions de mesure, sur l'intensité de la glycolyse.

En ce qui concerne le premier point, la technique la plus directe est l'addition au sol de germes qu'il est facile d'obtenir à partir d'un horizon humifère.

## RÉALISATION DE LA SUSPENSION MICROBIENNE

On incube, à 30°, une solution nutritive (solution AD à pH 6,7 utilisée pour la numération des *Beijerinckia indica* \*) diluée 500 fois (richesse en mg/l : P : 11 ; K : 11 ; Ca : 0,8 ; Mg : 0,4 ; Fe : 0,06 ; traces d'oligo-éléments), additionnée d'azote (800 mg/l) et de saccharose (1,6 ‰).

Inoculation par 50 mg d'un sol humifère sous arbres (*Cassia*, *Poinciana regia*...). On obtient, après 48 heures, une suspension microbienne assez dense (M) dont le sucre est épuisé.

On fait déposer un culot microbien, débarrassé des sels minéraux du milieu, par centrifugations et lavages. Ce culot est rapidement remis en suspension dans l'eau distillée et ajouté :

- 1 - au sol ferrugineux tropical non lessivé (provenant du nord de Rufisque), Dior, S 202 ;
- 2 - au vertisol plus riche, SmNI, quoique son pouvoir nitrificateur soit plus faible (jachère après culture de mil, près de Sébikotane).

---

\* Formulaire des méthodes analytiques en usage aux laboratoires de chimie et de microbiologie de l'I.R.S.M. Tananarive, janvier 1959, par Mme RUF et C. MOUREAUX. Ronéotypé, 57 p.

Les additions croissantes de suspension s'accompagnent d'une augmentation de l'indice glucose IDG (déterminé dans les conditions habituelles d'humidité et de température) comme le montrent les résultats ci-dessous :

cm <sup>3</sup> suspension microbienne	IDG S 202	IDG Sm N 1
0	7,0	42,9
1,0	9,4	46,9
2,5	10,1	49,6
7,5	11,0	55,8

La figure 2 traduit ces variations, en fait assez amorties, de la glycolyse. On peut penser que cette relative inertie de la réponse est due à la très grande influence des propriétés intrinsèques du sol, le facteur limitant de la glycolyse devenant la richesse minérale.

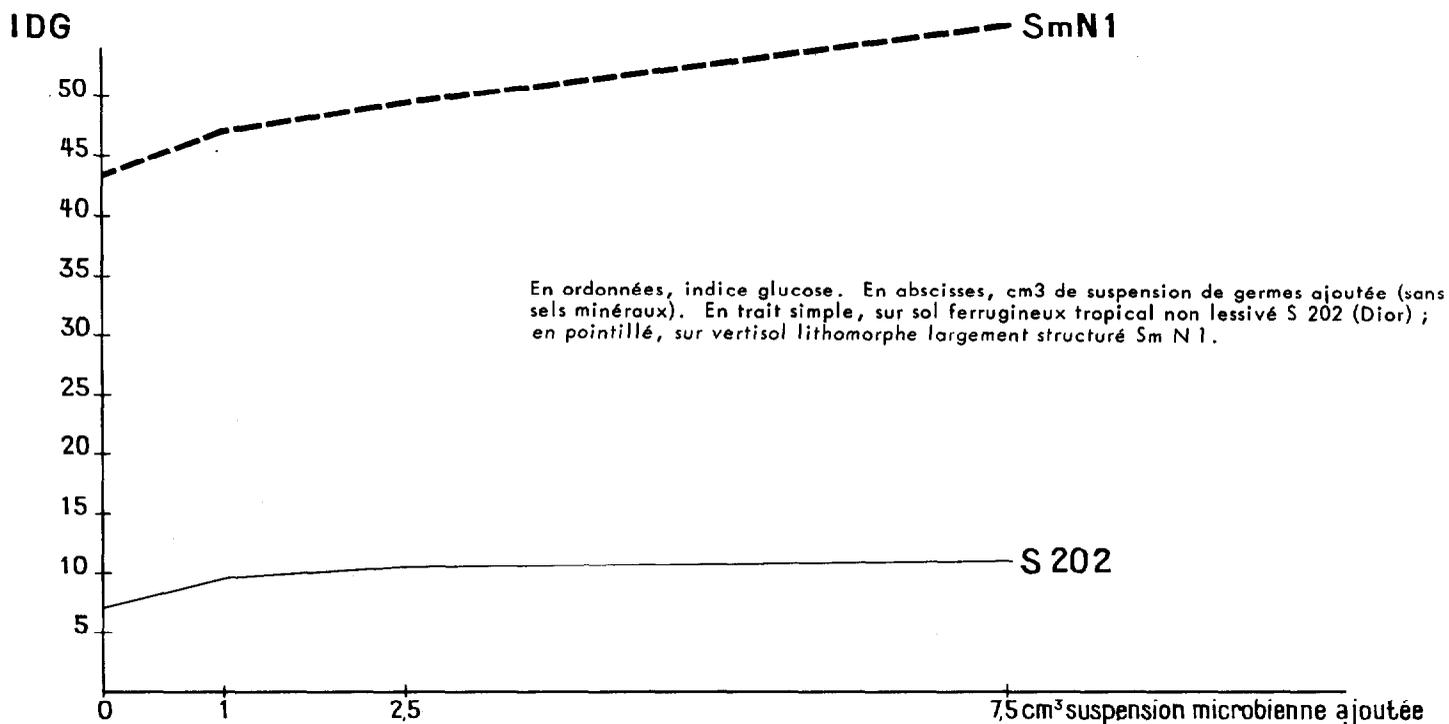


Figure 2 - Influence de la densité microbienne sur la glycolyse.

La deuxième série d'expériences souligne l'importance du niveau minéral. On utilise maintenant la culture microbienne M développée dans le milieu nutritif précédent, sans laver les germes par centrifugation, mais après simple filtration.

On ajoute à dose croissante, cette suspension au même sol Dior S 202 et on détermine l'indice glucose IDG selon la méthode habituelle (100 mg glucose en 10 cm<sup>3</sup> de liquide total).

On voit que l'indice glucose réagit maintenant très fortement dès la plus faible dose ajoutée (fig. 3, courbe M), ceci malgré la faible dilution saline : la valeur de l'indice glucose passe en effet de 7,0 à 78,9 pour 1 cm<sup>3</sup> de suspension ajoutée, alors que le décalage précédent sans sels minéraux n'était que de 7,0 à 9,4.

cm <sup>3</sup> - M	IDG
0	7,0
1	78,9
2,5	80,2
7,5	82,5

Deux séries complémentaires sont ensuite analysées en ajoutant au sol S 202 la même solution M, mais autoclavée, soit Ma puis la solution nutritive, sans apport carboné et n'ayant pas été inoculée, soit Mm.

cm3 suspension Ma	Valeur IDG
0	7,0
1	22,9
2,5	39,4
7,5	38,2

cm3 solution Mm	Valeur IDG
0	7,0
1	22,8
2,5	35,2
7,5	40,1

La figure 3 traduit ces résultats mettant en évidence la nette influence de la densité microbienne (Courbe M) se superposant à celle non négligeable de l'apport strictement minéral (Courbe Mm)

La différence d'ordonnées M-Mm est attribuable à la densité microbienne. Son plafonnement rapide, ici, est explicable par la dilution des éléments minéraux disponibles. L'apport de cellules microbiennes mortes, en Ma, n'amène qu'un excédent faible ou nul par rapport à l'enrichissement seulement minéral, Mm.

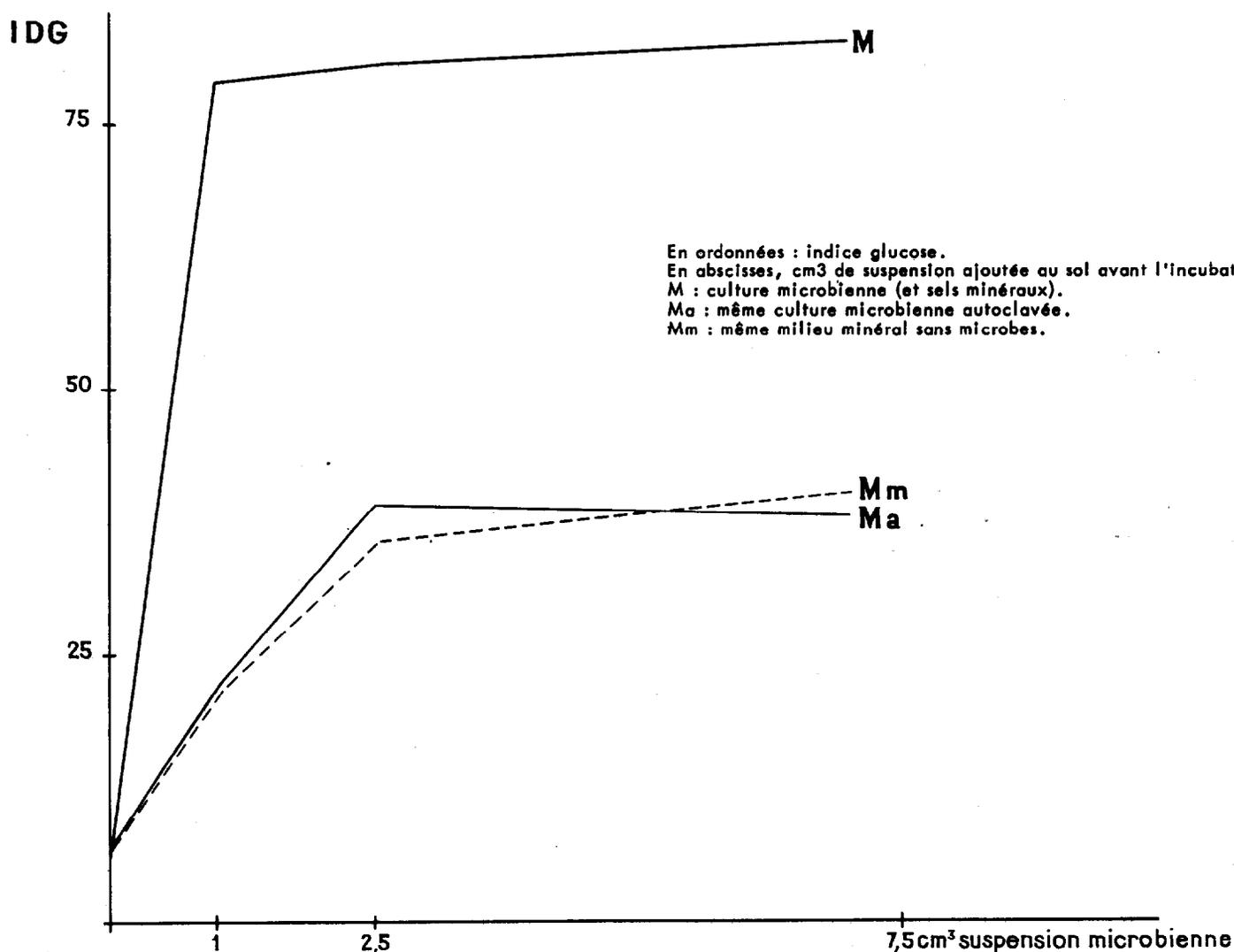


Figure 3 - Influence de la densité microbienne et du niveau minéral sur la glycolyse (Sol Dior S 202).

Dans une dernière expérience, ayant stérilisé le sol, nous y avons mélangé à doses croissantes du même sol non autoclavé (sol forestier - vertisol hydromorphe à structure massive de Bandia : S 146).

On constate une augmentation effective de la glycolyse lorsque la proportion de sol non autoclavé croît :

Proportion de sol		Indice glucose
non stérilisé g	stérilisé g	
0,2	19,8	64,0
0,5	19,5	74,4
1,2	18,8	84,9
3,2	16,8	87,7
7,8	12,2	89,4
20	0	92,8

Ces quelques essais montrent donc une réponse assez faible de la glycolyse à l'augmentation de densité microbienne dans le premier sol que nous avons choisi pauvre. Dans les sols plus riches (argiles noires tropicales), la réponse est beaucoup plus nette en valeur absolue. Dans le cas du premier sol, on provoque une exaltation de la réponse dès qu'un apport minéral concomitant est réalisé, ce qui nous fait considérer comme très vraisemblable que les valeurs de l'indice glucose intègrent tout un ensemble de propriétés intrinsèques du sol.

Nous allons maintenant passer en revue quelques résultats obtenus dans les divers sols en donnant, à titre de comparaison les valeurs du dégagement de gaz carbonique (DOMMERMUES, 1960 b), du pouvoir enzymatique saccharase (HOFMANN, 1952) et de la richesse minérale globale (décrite en annexe), déterminée par la croissance d'*Aspergillus niger* (MOUREAUX, 1959).

Les conditions climatiques moyennes des divers sols étudiés sont données ci-dessous :

SOLS	Précipitations moyennes annuelles en mm	Température moyenne annuelle en degrés C
Sols minéraux bruts	600 - 700	24° 0 - 24° 5
Vertisols	550 - 700	25° 0 - 27° 0
Sols bruns subarides	500	27° - 28°
Ferrugineux tropicaux non lessivés	600 - 700	25° 5 - 27° 5
Ferrugineux tropicaux lessivés	1 300 - 1 350	27° - 27° 5
Sols faiblement ferrallitiques	1 500 - 1 650	26° - 27° 5

## 1 - SOLS MINÉRAUX BRUTS D'APPORT

Il s'agit de sols peu évolués sur dunes vives littorales qui s'alignent le long de la "Grande Côte" du Cap Vert au nord-est de Dakar sur environ 40 km (MAGNIEN, 1959).

Sur ces mêmes échantillons, Y. DOMMERMUES (1963) a étudié la fixation d'azote à la faveur de reboisements réalisés par les Eaux et Forêts, l'essence utilisée étant le filao (*Casuarina equisetifolia*). Les résultats qui suivent ont été obtenus sur 10 couples de prélèvements composites (une vingtaine de microprélèvements répartis sur 5 m<sup>2</sup>).

- 1 - sous filaos de 13 ans (1949-1962), après élimination de la litière :
  - A - en surface 0 - 1 cm (litière décomposée) ;
  - B - 1 à 9 cm.
- 2 - sur dunes de 0 à 10 cm.

Chaque couple comportait un site sur dune (sables quartzeux avec quelques débris coquilliers), sans végétation à l'époque - sèche - et un site sous reboisement. Le tableau ci-dessous indique les moyennes des dix prélèvements :

	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG
A	85,2	846	2940	475
Filaos B	1,9	7,3	27,1	159
Dunes C	1,6	3,5	7,2	150

IDG - Indice de consommation de glucose (mg glucose consommé sur 100 mg) ;  
 CO<sub>2</sub> - mg CO<sub>2</sub> dégagé en 7 jours pour 100 g de sol (DOMMERGUES, 1960 b) ;  
 PEZ - pouvoir enzymatique saccharase : sucres réducteurs en mg apparus à partir de saccharose pour 100 g de sol (HOFMANN, 1952) ;  
 FG - richesse minérale globale : croissance en mg de mycélium d'*Aspergillus niger* (MOUREAUX, 1959) dans le sol enrichi en carbone et azote (méthode décrite en annexe).

## MALIKA

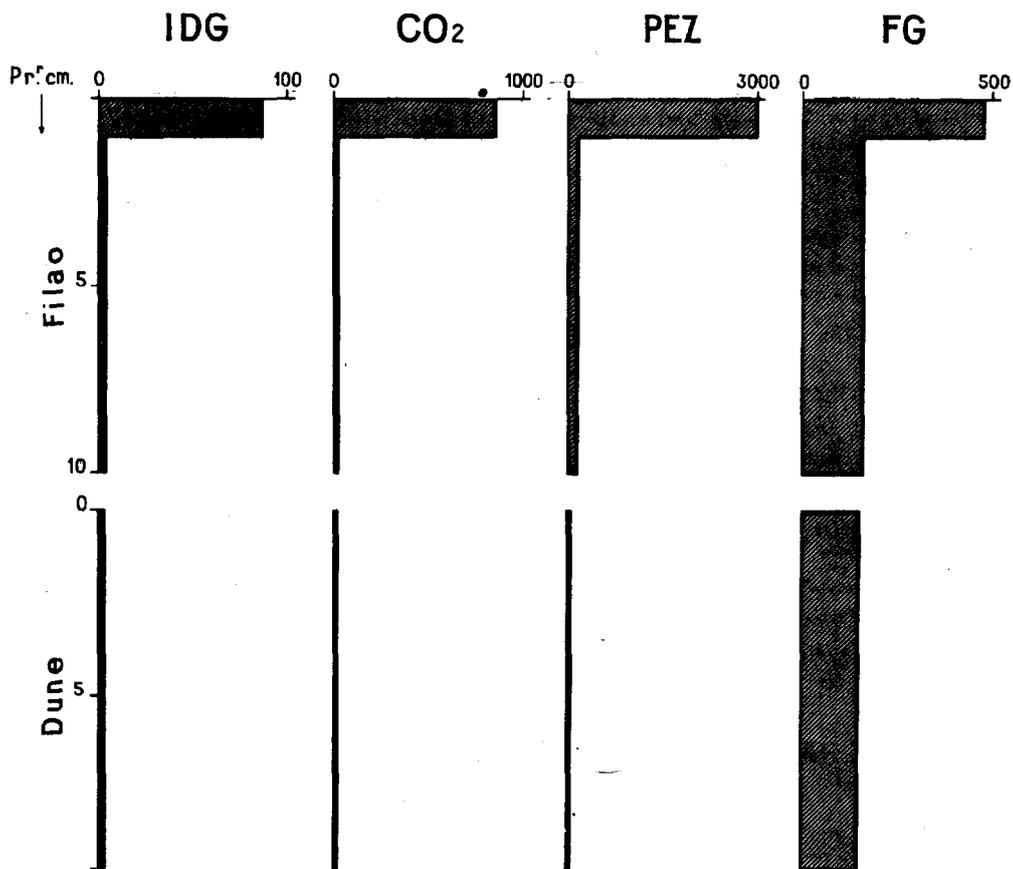


Figure 4 - Sols minéraux bruts d'apport : Dunes de Malika.  
 Valeur des indices dans le profil du sol : IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.  
 indices croissant vers la droite.  
 profondeur croissant vers le bas  
 en haut : sous filaos (*Casuarina equisetifolia*)  
 en bas : dunes non reboisées.

On voit l'énorme décalage de l'activité microbologique globale de l'extrême surface, sous reboisement. Le niveau minéral est également très amélioré. Cependant, la pénétration en profondeur reste faible. Il est probable que le chevelu de racines contribue au très fort pouvoir enzymatique saccharase.

## 2 - VERTISOLS LITHOMORPHES A STRUCTURE MASSIVE

Un profil (SM9) a été examiné dans la presqu'île du Cap Vert sur marne grisâtre dans la zone cartographiée au 1/50 000 et étudiée en détail (MAGNIEN, 1959) - série de la Briquetterie, près de Pout.

La description des divers horizons, numérotés de 1 à 7, est donnée grâce à l'aide des pédologues du Centre de Hann et portée en annexe.

Les résultats analytiques sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Horizon	Profondeur	IDG*	CO <sub>2</sub> *	PEZ*	FG*	C‰	N‰	C/N
SM 91	0 - 10 cm	23,2	46,6	1020	1164	15,0	1,44	10,4
92	10 - 34	84,4	2,6	186	387	4,9	0,51	9,6
93	34 - 65	85,4	6,2	100	362	5,7	0,39	14,6
94	65 - 85	4,8	3,9	55	319	3,1	0,27	11,5
95	85 - 135	6,8	2,6	25	305	2,2	0,19	11,6
96	135 - 165	6,1	5,3	18	402	3,2	0,18	11,8
97	165 - 200	0	2,2	10	401	2,1	0,27	11,7

Si l'on compare les valeurs de l'indice glucose avec la respiration ou le pouvoir enzymatique saccharase, on remarque immédiatement leur désaccord pour situer le niveau maximum d'activité biologique : l'indice glucose le place entre 10 et 65 cm, zone où les germes peuvent probablement mieux se maintenir en saison sèche, grâce à une faible humidité, la surface étant extrêmement desséchée (prélèvement en avril).

### SM.9

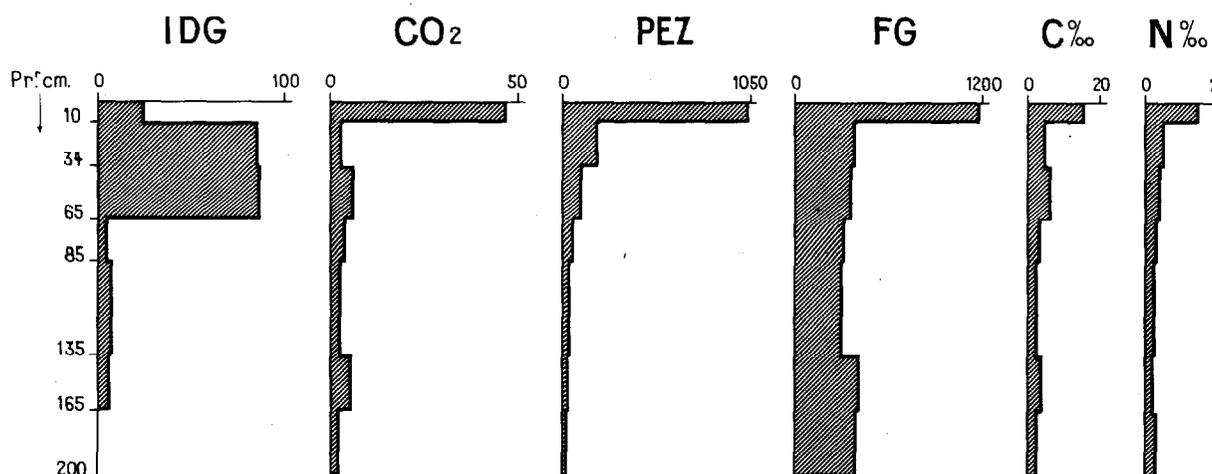


Figure 5 - Valeurs dans un profil vertisolique (SM 9) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

\* cf. tableau p.50. Les analyses de carbone et d'azote ont été effectuées au Laboratoire de Chimie sous la direction de Mlle C. THOMANN.

Les valeurs de la respiration et du pouvoir enzymatique saccharase nous paraissent donc ici plus potentielles que l'indice glucose. En effet, si la surface est beaucoup plus riche, comme le montre l'indice de richesse minérale (FG), sa dessiccation y est le facteur limitant. L'activité biologique mise en évidence par Y. DOMMERMUES (1962), aux faibles humidités, reste cependant très faible par rapport à celle qui se développe au-dessus de l'humidité équivalente.

Quelques échantillons de sols prélevés périodiquement dans la presqu'île du Cap Vert peuvent appuyer ce point de vue : si l'on reste à l'humidité du sol en place, on observe des valeurs très faibles en saison sèche pour le dégagement de gaz carbonique et la glycolyse.

Aux humidités plus grandes de nos analyses habituelles, il est vraisemblable que c'est la durée plus grande de la détermination du gaz carbonique dégagé qui lui confère un caractère plus potentiel.

Les valeurs élevées de l'activité enzymatique en surface sujette à dessiccation constituent d'ailleurs un argument pour les tenants de la fixation de la saccharase sur les argiles. L'horizon situé entre 34 et 65 cm de profondeur est probablement une ancienne surface ; le rapport C/N y accuse un maximum.

La comparaison avec les autres sols étudiés dans cette note montre que les vertisols se placent parmi les meilleurs (leur nitrification est parfois ralentie, cependant, par la compacité).

Cette forte activité microbologique globale des argiles noires tropicales avait déjà été mise en évidence par Y. DOMMERMUES (1960 a), avec les techniques du dégagement du gaz carbonique et du pouvoir enzymatique saccharase.

Nous donnons ci-dessous un tableau d'interprétation des analyses ici réalisées :

## INTERPRÉTATION DES ANALYSES

	Indice glucose IDG	Respiration du sol CO <sub>2</sub>	Pouvoir enzymatique saccharase PEZ	Richesse minérale globale FG
Très faible	0 - 5	0' - 20	0 - 100	0 - 100
Faible	5 - 20	20 - 40	100 - 400	100 - 300
Moyen	20 - 40	40 - 60	400 - 700	300 - 500
Assez élevé	40 - 70	60 - 90	700 - 1 000	500 - 800
Elevé	70 - 85	90 - 120	1 000 - 1 500	800 - 1 300
Très élevé	85 - 100	> 120	> 1 500	> 1 300

## Horizon de surface

Nous examinerons les divers prélèvements ci-après :

Désignation des échantillons	Mois du Prélèvement	Lieu (cf. fig. 1)	Végétation
SA 1	mars	Environs de Rufisque	Jachère nue
SM 6	avril	" de Bambey	<u>Zizyphus spinachristi</u> , <u>Faidherbia albida</u> <u>Andropogon sp.</u>
SB 9	mai	Région de Bandia	<u>Balanites aegyptiaca</u>
SMC 4	juin	" "	<u>Acacia seyal</u>
SMR 2	juillet	Sud de M'Bour	(seul prélèvement en tout début de saison des pluies) sous <u>Acacia seyal</u>
SMN2	décembre	Environs de Sébikatane	<u>Tamarindus indica</u>
S 145 *	avril	Forêt Bandia	Essences forestières, <u>Combretum micranthum</u> , <u>Acacia ataxacantha</u>

\* Ce sol se classe en réalité dans les vertisols hydromorphes à structure massive.

## RÉSULTATS D'ANALYSES

	Profondeur de prélèvement en cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N
SA 1	0 - 10	34,9	35,4	550	365	-	-	-
SM 6	0 - 7	30,3	84,0	338	134	9,0	0,85	10,6
SB 9	0 - 7	72,5	107	1005	479	11,7	1,14	10,3
SMC 4	0 - 7	83,5	142	1930	271	18,5	1,83	10,1
SMR 2	0 - 7	89,5	185	1858	795	15,1	1,39	10,9
SMN 2	0 - 7	61,6	63	1185	410	9,3	0,95	9,8
S 145	0 - 7	95,5	334	2008	1512	32,9	2,90	11,3

Si l'on met à part les échantillons SA 1, en jachère nue et SM 6 très compacts, on remarque le niveau très élevé de l'activité microbiologique globale de ces sols bien marqué par les trois indices et, relativement aux autres groupes de sols, leur excellent niveau minéral avec un fort maximum pour le prélèvement sous forêt (S 145).

### 3 - SOLS BRUNS SUBARIDES

Nous avons prélevé divers échantillons de surface dans la région d'Ouarak, entre Louga et Dahra, en pleine saison sèche (avril). Ces sols ont été étudiés par BOCQUIER et MAIGNIEN (1963) (sous-groupe des sols bruns *sensu stricto*). La pluviométrie est de l'ordre de 500 mm avec de fortes irrégularités d'une année à l'autre.

Contrairement aux vertisols, la surface est ici très meuble (prélèvement : 0 - 7 cm) sableuse avec quelques agrégats grumeleux ou nuciformes très peu cohérents. On ne trouve pratiquement pas de calcaire en surface - sinon quelques grains faisant effervescence à l'acide. L'épaisseur de l'horizon humifère brun est le fait marquant dans ces sols : de l'ordre de 50 cm ici.

C'est sous l'horizon humifère qu'apparaissent des concrétions calcaires, parfois allongées dans les canaux dûs aux anciennes racines et des pseudomycéliums calcaires, la structure ayant tendance à devenir cubique. On passe sous 1,20 m à la roche-mère, sableuse, calcaire, blanchâtre, assez friable.

Echantillons	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	Végétation
SD 2	43,5	191	1060	943	<u>Faidherbia albida</u>
3	56,5	128	872	860	Euphorbes arborescentes
4	56,5	141	840	455	<u>Bauhinia</u>
5	72,6	156	538	2283	Sommet de termitière
6	35,0	85	525	91	<u>Balanites aegyptiaca</u>
8	39,0	59	695	423	Graminées

Les deux indices IDG (indice glucose) et PEZ (pouvoir enzymatique saccharase) s'accordent pour indiquer une activité microbiologique moyenne à assez élevée, sans toutefois généralement atteindre le niveau des vertisols.

La richesse minérale globale déterminée par la croissance du mycélium d'*Aspergillus niger* est bonne.

Le dégagement de gaz carbonique accuse, de son côté, un niveau un peu plus fort, ce qui peut être mis en relation avec la richesse de ces sols en *Azotobacter chroococcum*, germe doué d'une respiration élevée.

Le prélèvement SD 5, sur un sommet de termitière, montre à quel point le remaniement par les insectes élève son activité microbienne et amène un enrichissement minéral. Seul le pouvoir enzymatique saccharase n'est guère affecté.

C'est au Sénégal, dans cette zone climatique où la pluviométrie descend sous la limite de 400 - 500 mm, que le dessèchement des sols est particulièrement intense car, à la rareté des précipitations, s'ajoute la faiblesse du degré hygrométrique diurne (humidité relative descendant facilement vers 20% l'après-midi en saison sèche).

Ainsi à Linguère (région du Djoloff), l'humidité relative minimale moyenne est égale, pour les mois de mars, avril et mai à respectivement 15, 21 et 22. Les valeurs correspondantes pour Ziguinchor, en Basse Casamance, zone des sols faiblement ferrallitiques, sont de 32, 44 et 55.

BIRCH et FRIEND (1956) ont montré que le séchage affaiblit la protection par l'argile de la matière organique facilement décomposable, ce qui explique lors de la réhumectation une "flambée" de décomposition décelable, en particulier, par les courbes de dégagement de gaz carbonique dans le temps.

Cette observation peut éclairer la faible teneur dans ces sols, en acides fulviques et humiques bruns peu polymérisés, (DUCHAUFOR et DOMMARGUES 1963, THOMANN 1964), si l'on suppose que les "flambées" successives dues aux alternances climatiques portent sur le matériau humique qui serait le moins évolué et le plus fragile parce que de structure plus simple.

La présence d'argiles gonflantes (montmorillonite) signalée par BOCQUIER et MAIGNIEN (1963), dans ces sols bruns, argiles qualifiées de stabilisatrices d'humus par DUCHAUFOR et JACQUIN (1964) agit dans le même sens en favorisant les phénomènes de polymérisation, tout en freinant les processus biochimiques de dégradation pendant les périodes humides - propriété que la kaolinite ne possède qu'à un degré beaucoup plus faible.

L'activité enzymatique de la peroxydase serait intéressante à considérer, par la suite, dans les différents sols étudiés ici, étant donné que cette enzyme - en particulier pour les myxo-bactéries cellulolytiques - a été mise en relation avec l'oxydation et la condensation des composés aromatiques (KONONOVA, 1961).

Les résultats obtenus montrent qu'à taux égal de matière organique, les sols des régions tropicales sèches (nord du Sénégal, ouest et sud-ouest malgaches, dans les cas que nous connaissons) peuvent être considérés comme relativement plus humifères que ceux des régions plus arrosées (Casamance, Côte est malgache), puisque l'activité de la microflore tellurique y est plus grande.

Pour estimer cette activité par rapport au stock organique, nous avons établi le rapport de l'indice glucose au carbone du sol :

$$A.O = \frac{IDG}{C\%}$$

Nous avons calculé ce rapport dans deux sols composites prélevés dans la même région d'Ouarak, le premier sous hallier de *Crataeva religiosa* (A), le second sous *Balanites aegyptiaca* (B).

	IDG	C%	IDG/C
A	39,8	6,6	6,0
B	73,6	9,6	7,7

Nous verrons plus loin que ce rapport peut prendre des valeurs inférieures à 3 dans les sols faiblement ferrallitiques et s'abaisser au voisinage de 2 en forêt, sur sols gris hydromorphes, du delta de la Casamance. Ces différences sont également exprimées par le coefficient de minéralisation du carbone utilisé par Y. DOMMARGUES (1960 b) ( $C = \frac{CO_2}{C}$ ) dont la valeur est de 3,2 et 3,1 dans les deux sols précédents A et B, pour s'abaisser parfois presque vers l'unité dans les sols faiblement ferrallitiques.

La surestimation de richesse, très largement accordée jadis aux sols sous forêts ombrophiles, résultait, en partie, de ces propriétés de leur stock organique.

Enfin à Dahra-Djolloff, à la même époque, nous avons prélevé un profil du deuxième sous-groupe (brun-rouge) de sols bruns subarides sous savane claire à *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, *Balanites aegyptiaca*, *Andropogon amplexans*, *Ctenium elegans*, ... Cette zone a été cartographiée par P. AUDRY (1962).

Les résultats ci-dessous portent sur le profil CRZ 45 de P. AUDRY.

SD	Profondeur prélèvement cm	Profondeur horizon cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG
131	0 - 5	0 - 10	7,7	32,6	415	48
132	15 - 25	10 - 30	4,2	1,8	35	49
133	35 - 45	30 - 60	0	0	50	24
134	75 - 85	60 - 90	0	0	20	13
135	145 - 155	90 - 180	0	0	20	18

On voit que l'activité biologique est beaucoup moins élevée et le niveau minéral plus bas que dans les sols bruns *sensu stricto* ; malgré une bonne répartition de l'humus en profondeur, notée par P. AUDRY (1962), l'activité microbienne s'abaisse très fortement sous 10 cm. L'indice glucose et le pouvoir enzymatique saccharase indiquent cependant une pénétration un peu meilleure en profondeur que pour la respiration.

## SD.13

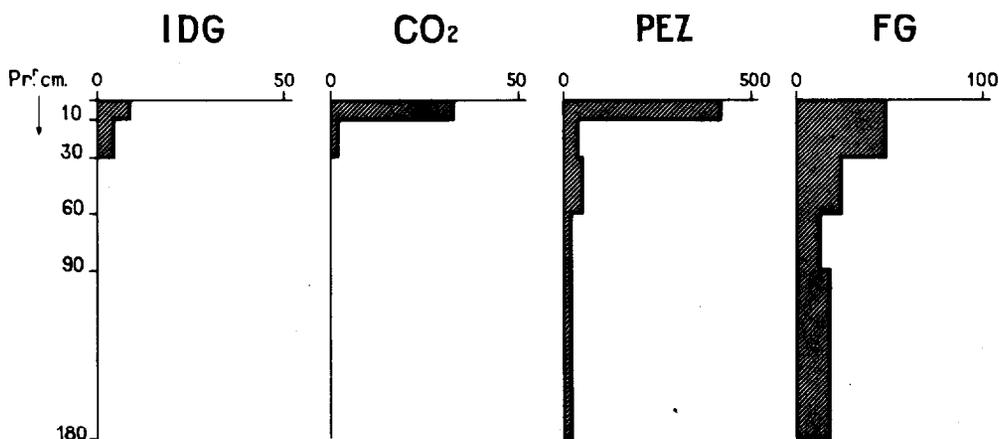


Figure 6 - Valeurs dans un profil de sol brun subaride (SD 13) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

## 4 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX NON LESSIVÉS

Le premier profil étudié se trouve à Sébikotane (presqu'île du Cap Vert) dans les sols Diors de la série de Pout définie par R. MAIGNIEN, 1959. Il s'agit d'un sol cultivé, ici, irrigué, sous agrumes (prélèvements de mai).

L'échantillon de surface est composite. L'horizon (faiblement) humifère a une épaisseur de 20 cm, il est sablo-argileux très meuble, de structure particulière ou faiblement grumeleuse. En profondeur, le sable faiblement argileux est grisâtre jusqu'à 80 cm et s'éclaircit en dessous. La migration du fer est visible en bandes subhorizontales.

Les résultats d'analyses figurent ci-dessous :

So	Prélèvement profondeur cm	Profondeur horizon cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C ‰	N ‰	C/N
120	0 - 5	0 - 5	35,0	39,6	470	1152	7,4	0,70	10,6
121	5 - 10	5 - 20	21,4	28,2	345	914	4,8	0,30	16,0
122	50 - 60	20 - 80	3,2	4,4	62,5	111	0,7	0,05	14,0
123	105 - 115	80 - 120	0,8	6,6	52,5	33	0,3	0,02	15,0
124	130 - 140	120 - 170	2,1	1,5	55	17	0,4	0,02	20,0

L'activité biologique est moyenne à faible en surface ; elle montre une forte diminution sous 20 cm, mais persiste profondément quoique à un faible taux.

La richesse minérale a été artificiellement rehaussée dans les horizons supérieurs, comme le montrera la comparaison avec les prélèvements suivants. Le rapport C/N, élevé en profondeur, dénote la présence d'ammoniaque échangeable dont le lessivage peut être facilité par l'irrigation dans les sols très sableux.

### SO.12

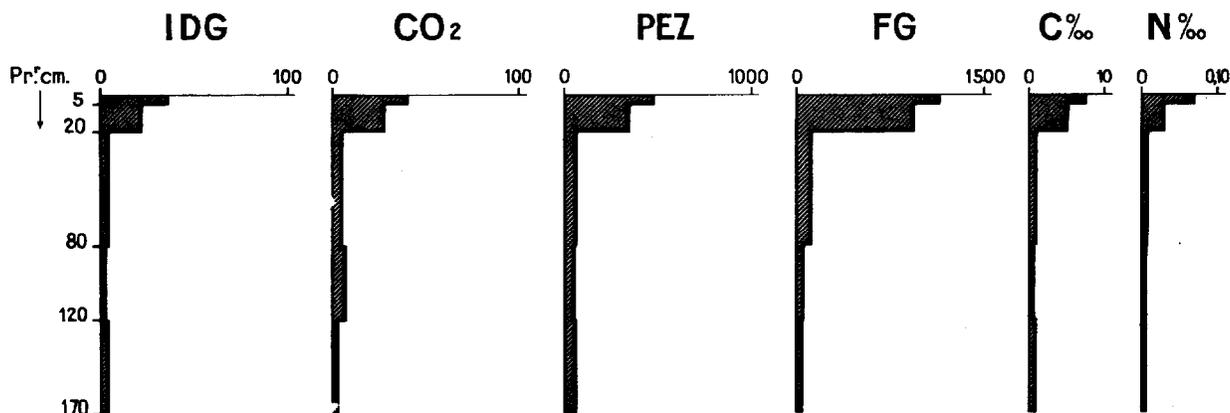


Figure 7 - Valeurs dans un profil de sol ferrugineux tropical non lessivé (SO 12) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

En surface, le rapport d'activité de la matière organique (voir aux sols bruns subarides), soit IDG/C est de 4,7, intermédiaire entre les sols bruns et les sols faiblement ferrallitiques.

Le coefficient de minéralisation du carbone est faible (1,46).

Le deuxième profil se trouve à Bambey, en sols Diors toujours, décrits par BONFILS et FAURE (1956). Les prélèvements ont été effectués en avril sous chaume de mil couvrant environ 10 % de la surface.

	Profondeur échantillon cm	Profondeur horizon cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N
SM 40	0 - 5	0 - 5	15,0	29,7	200	76	2,1	0,26	8,1
41	5 - 25	5 - 25	8,1	15,2	137	113	1,8	0,25	7,2
42	50 - 60	25 - 90	10,1	1,8	35	89	1,0	0,16	6,3
43	120 - 130	90 - 200	4,0	0,9	14	55	0,7	0,11	6,4
44	200 - 210	sous 200	1,5	0	6	43	0,5	0,10	5,0

Il s'agit là d'un sol soumis à la culture mécanisée et on voit que l'activité biologique est faible à très faible en surface. Le niveau organique accusé par les analyses de carbone et d'azote est d'ailleurs très bas, lui aussi (teneur en matière organique nettement inférieure à 0,5 %). La richesse minérale est également très faible. Cette faiblesse est compensée, dans une certaine mesure, par une assez bonne pénétration en profondeur, moins marquée par le dégagement de CO<sub>2</sub> que par les autres indices, comme, d'ailleurs, dans les sols bruns rouges subarides (profil S D 13, CRZ 45). Quant au rapport d'activité de la matière organique, de 7,1 en surface, il n'est guère inférieur au maximum observé en sol brun subaride (7,7).

## SM.4

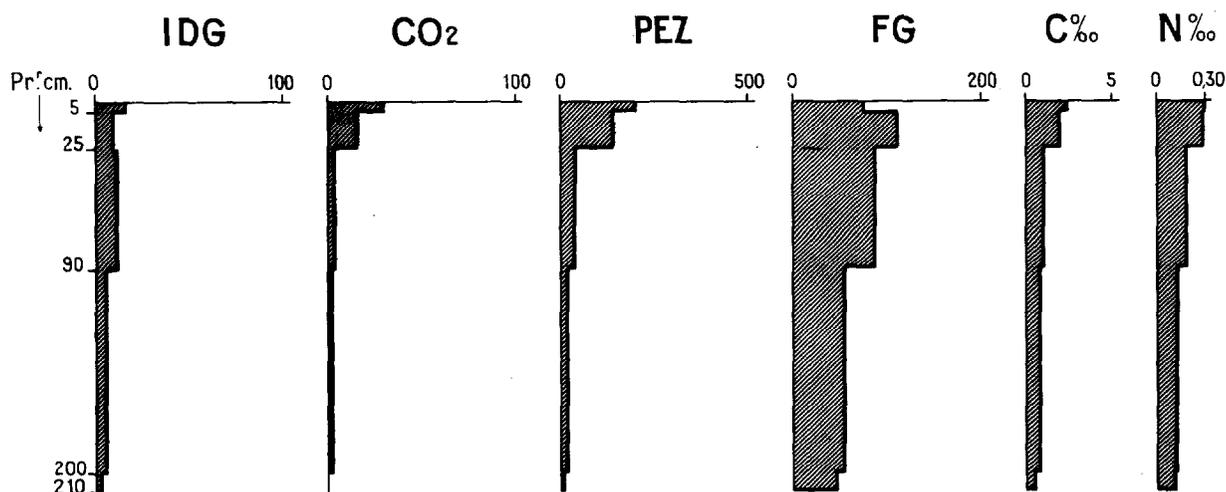


Figure 8 - Valeurs dans un profil de sol ferrugineux tropical non lessivé (SM 4) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Quant au rapport d'activité de la matière organique, de 7,1 en surface, il n'est guère inférieur au maximum observé en sol brun subaride (7,7).

Le coefficient de minéralisation du carbone (3,86) dépasse un peu celui des sols bruns subarides.

La faiblesse de tous les indices, mais aussi l'assez bonne répartition en profondeur soulignent la faible évolution de ces sols, attribuable, d'une part au dépôt géologiquement récent du matériel parental et, d'autre part, au pédoclimat d'autant plus sec que la texture est plus sableuse.

## ÉCHANTILLONS DIVERS DE SURFACE

Il s'agit de prélèvements de saison sèche (mai) ; les trois premiers font partie de la série de Bambilor dans la presqu'île du Cap Vert (MAGNIEN, 1959), le quatrième de la série de Pout ; les trois derniers ont été prélevés par M. GAVAUD au Niger oriental.

Echantillon (0 - 7 cm)	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C%	N%	C/N	IDG/C	$\frac{C-CO_2}{C}$	Végétations
SH 7	48,4	81,0	1185	940	11,7	1,02	11,5	4,1	1,89	Baobab
SH 8	44,4	118,0	743	336	11,1	1,20	9,3	4,0	2,90	<u>Tamarindus indica</u>
SH 2	14,8	73,9	585	50	11,0	0,89	12,4	1,35	1,83	<u>Anacardium occidentale</u>
S 211	14,6	70,2	305	66	3,3	0,30	11,0	4,4	5,81	Graminées sèches et quelques <u>Crataeva religiosa</u>
NA 281	1,7	17,8	226	24	-	-	-	-	-	Savane (Graminées éparses)
NA 341	0,9	4,7	100	21	-	-	-	-	-	Savane (Graminées éparses)
NB 291	3,9	20,7	117	22	-	-	-	-	-	Graminées éparses

On est frappé, ici, par la sensibilité de ces sols vis-à-vis du couvert végétal : lorsque ce dernier est assez bon (Tamarinier et même Baobab), les indices biologiques sont assez élevés.

Le rapport IDG/C est du même ordre que dans les deux surfaces des profils précédents à l'exception du sol sous *Anacardium* anormalement bas. Tous les indices, y compris celui de richesse minérale, accusent une forte chute d'activité lorsque l'on passe de l'arbre aux Graminées et buissons épars, qui sont presque la règle, malheureusement, en dehors des surfaces cultivées. C'est une confirmation, sous l'angle de la biologie, de la fragilité de ces sols, bien connue des pédologues.

## 5 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés de Casamance ont particulièrement été étudiés par R. FAUCK (1963), notamment à Séfa (sous-groupe à concrétions). Nos analyses ont porté sur des échantillons prélevés séparément (en avril) du profil SF 5 (sol beige), par ailleurs décrits en détail et analysés au laboratoire de physique et chimie des sols de Hann (FAUCK, 1963). Seul, notre échantillon de surface est différent : prélèvement composite sous manioc dans la surface adjacente au profil. La pluviométrie est de 1 310 mm.

Horizon	Profondeur échantillon cm	Profondeur horizon cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N
SF 50	0 - 6	0 - 6	44,4	112,0	803	92	10,2	0,89	11,5
51	6 - 13	6 - 13	18,8	37,6	363	33	7,7	0,67	11,5
52	15 - 25	13 - 31	2,2	25,5	75	163	3,6	0,36	10,0
53	40 - 60	31 - 79	0	15,0	75	146	2,9	0,36	8,1
54	90 - 110	79 - 117	2,2	11,9	35	150	2,7	0,39	6,9
55	130 - 150	117 - 150	0	7,7	20	107	2,1	0,30	7,0

En surface, l'activité microbiologique globale est assez élevée, malgré la faible richesse minérale, en légère augmentation, d'ailleurs, sous l'horizon humifère. Sous 6 cm de profondeur, les trois indices s'accordent à montrer une forte chute de l'activité biologique, ce qui est caractéristique des sols tropicaux évolués, mais cet abaissement n'est tout de même pas aussi brusque que dans les sols faiblement ferrallitiques (Profil de Djibélor en particulier, page 63).

## SF.5

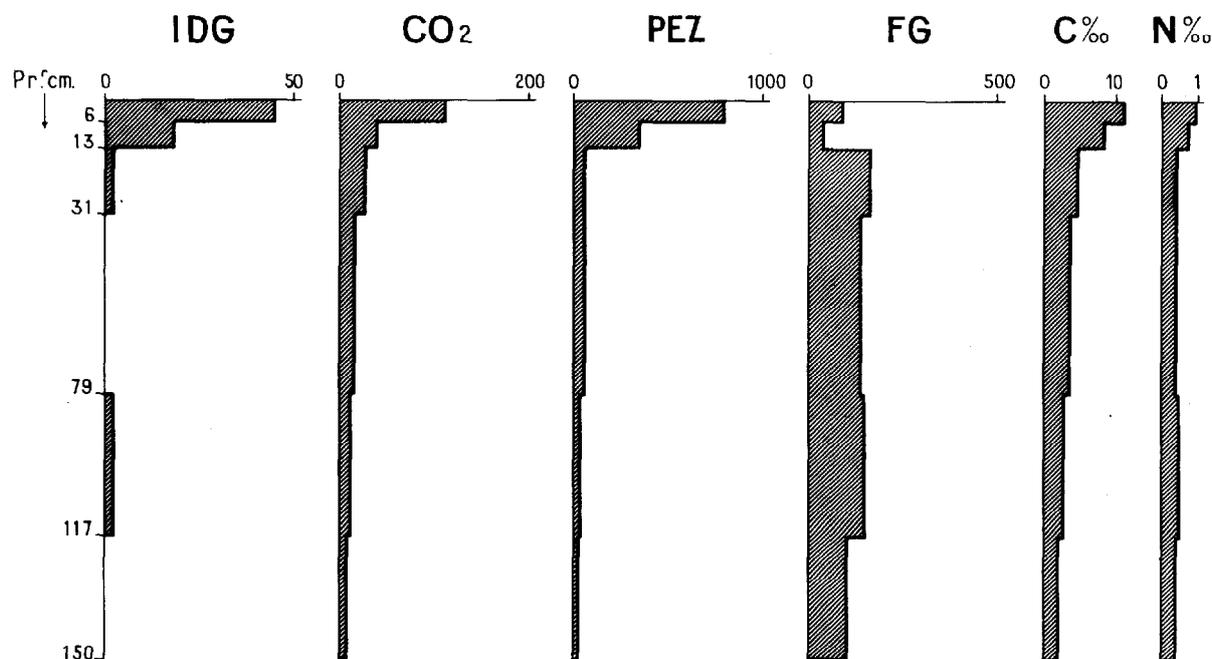


Figure 9 - Valeurs dans un profil de sol ferrugineux tropical lessivé (SF 5) des indices.  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Le rapport IDG/C est de 4,35 en surface, soit peu inférieur à celui généralement trouvé dans les sols ferrugineux non lessivés et la valeur C-CO<sub>2</sub>/C est également assez élevée (3,00).

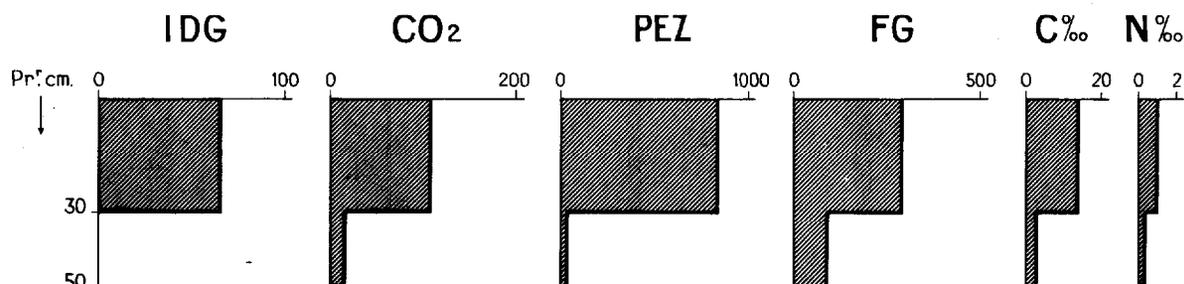
## AUTRES PRÉLÈVEMENTS

Toujours à Séfa, dans les mêmes sols beiges, nous avons comparé deux parcelles voisines, l'une cultivée -jachère nue, en avril, après arachides - l'autre encore sous couvert forestier à Combrétacées et *Cordyla*.

	Profondeur échantillon	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N	pH eau	IDG/C	$\frac{C-CO_2}{C}$
Jachère nue											
SF 3 a	0 - 10	9,6	29,5	107	70	3,4	0,26	13,1	5,4	2,8	2,37
SF 3 b	40 - 50	0	7,9	55	62	2,2	0,29	7,6	4,9	-	-
Forêt											
SF 4 a	0 - 10	64,4	109,0	840	288	13,7	1,00	13,7	6,3	4,7	2,17
SF 4 b	40 - 50	0	16,7	25	94	2,9	0,32	9,1	5,2	-	-

L'abaissement généralisé de tous les résultats lorsque l'on passe de la forêt à la culture pourrait se passer de commentaires : en surface, l'indice glucose tombe au 1/7 de sa valeur, sous culture, par rapport à la forêt ; le dégagement de gaz carbonique est dans la proportion de 1 à 3,7 et la saccharase de 1 à 8.

### SF\_4



### SF\_3

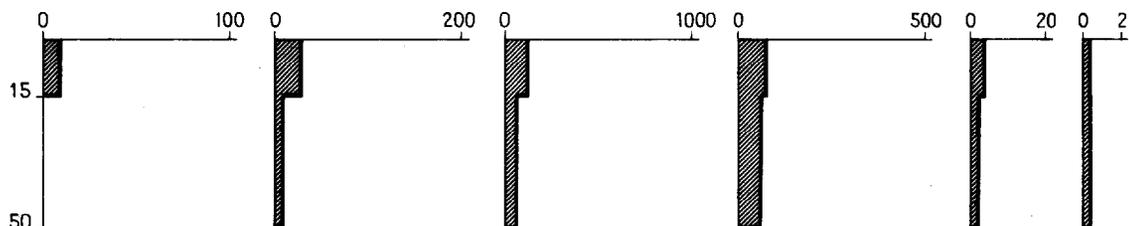


Figure 10 - Comparaison, en sol ferrugineux tropical lessivé, des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.  
 sous forêt (sol SF 4), en haut  
 sous culture adjacente (Sol SF 3), en bas.

Il est vrai que des prélèvements d'hivernage, en sol couvert, accuseraient un décalage probablement moins grand, mais, de toutes façons, l'évolution du sol après la déforestation est forte, puisque, même pour l'horizon de profondeur, l'appauvrissement est très marqué (la seule exception, pour le pouvoir enzymatique saccharase, n'est pas significative à ces très basses valeurs).

## 6 - SOLS FAIBLEMENT FERRALLITIQUES

Prélevés dans le sud du Sénégal, en Casamance, ce sont les plus évolués des sols examinés dans cette note.

Il s'agit, en réalité, de sols faiblement ferrallitiques de transition (ou inter-grades), les conditions climatiques (pluviométrie seulement de l'ordre de 1 500 - 1 600 mm et longueur de saison sèche) n'imprimant pas une distinction de caractère absolument tranchée par rapport aux sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Le profil étudié, en Basse Casamance, près de Bignona (Forêt des Kalounayes), prélevé en avril, n'est pas situé sur l'extrême crête du faible modelé du paysage et il est un peu moins rubéfié que les sols mieux drainés du haut de pente ; il présente, en profondeur, des concrétions tendres. Il est moins évolué que le deuxième profil examiné à Djibelor près de Ziguinchor, sous une pluviométrie un peu plus forte ; sa description est donnée en annexe.

Les résultats d'analyses des divers horizons figurent dans le tableau ci-dessous :

Horizon SF	Profondeur horizon cm	Profondeur prélèvement cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N
101	0 - 7	0 - 7	62,6	82,5	772	184	22,4	1,53	14,6
102	7 - 23	10 - 20	0	24,2	80	35	4,4	0,39	11,3
103	23 - 65	40 - 50	0	10,6	35	118	- *	- *	-
104	65 - 105	75 - 85	0	8,1	50	102	2,2	0,28	7,9
105	105 - 160	130 - 140	0	9,2	20	64	1,5	0,22	6,8
106	160 - 220	190 - 220	0	8,4	35	67	1,9	0,27	7,0

L'activité microbiologique globale est élevée en surface, mais en surface seulement. La chute en profondeur est brusque, particulièrement pour l'indice glucose. C'est une caractéristique de sols évolués. La diminution moins marquée du dégagement de gaz carbonique en profondeur peut être la conséquence de la nature plus potentielle de cette détermination. Le niveau minéral est, partout, à un niveau faible avec un maximum en surface, fréquent dans les sols forestiers. On note l'appauvrissement de la partie inférieure de l'horizon humifère.

\* valeurs non déterminées.

## SF\_10

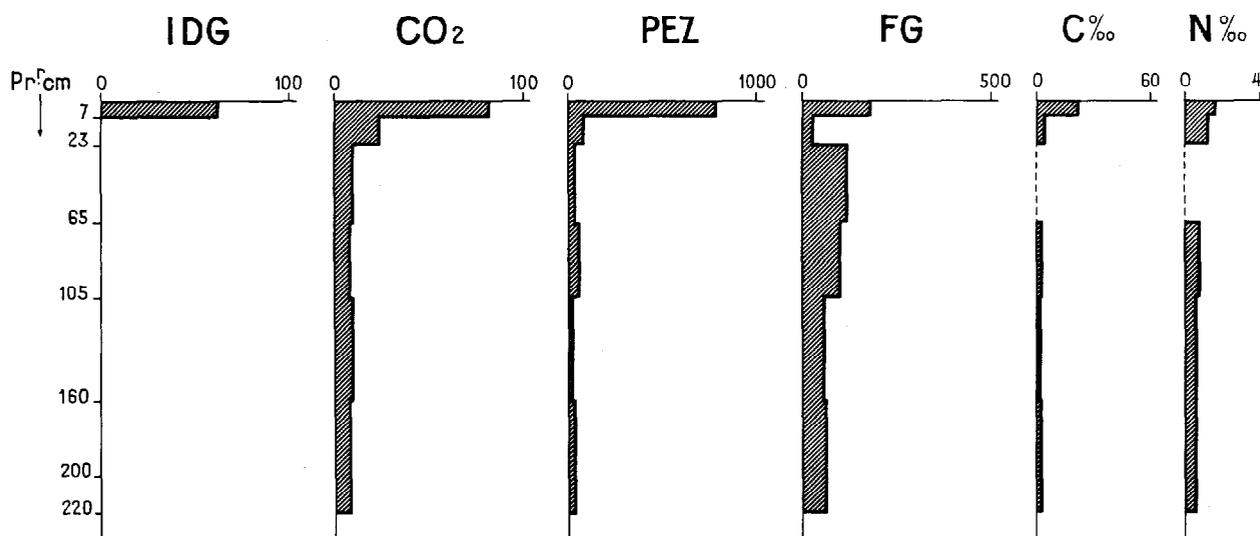


Figure 11 - Valeurs dans un profil de sol faiblement ferrallitique de transition (SF 10) des indices

IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Le rapport IDG/C est de 2,8 en surface, soit environ deux fois plus faible qu'en sol brun subaride, ce qui signifie qu'il faut un taux de matière organique double pour obtenir la même activité microbienne. Ici, la valeur C-CO<sub>2</sub>/C accuse mieux encore cette différence qui est dans le rapport de 1 à 3. Le climat, l'argile dominante qui est, ici, la kaolinite et la rareté du calcium sont à l'origine de la nature différente de la matière organique, moins humifiée et à humus moins polymérisé (THOMANN, 1964).

L'évolution moindre de l'humus, qui peut d'ailleurs résulter d'un cycle plus rapide d'apport et de dégradation, accompagne, en somme, l'évolution pédologique plus grande.

Un autre profil de ces sols a été prélevé, humide, en juillet, période d'hivernage, dans les environs de Ziguinchor (pluviométrie : 1 650 mm), en forêt de Djibelor (sous *Parkia biglobosa*).

Il s'agit d'un profil très rubéfié, argilo-sableux, assez homogène sous l'horizon humifère, brun-gris de 10 cm d'épaisseur.

SMZ	Profondeur horizon cm	Profondeur prélèvement cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N
11	0 - 10	0 - 5	55,0	42,2	250	380	10,2	1,10	9,3
12	10 - 145	90 - 100	1,2	4,4	35	26	2,2	0,32	6,9
13	145 - 200	190 - 200	3,0	9,7	35	24	1,4	0,23	6,1

L'activité microbiologique globale y est sensiblement plus faible que dans le profil précédent, prélevé en avril, mais on sait que la persistance de la pluie amène une chute attribuable au lessivage des éléments nutritifs (MOUREAUX, 1959).

# SMZ\_1

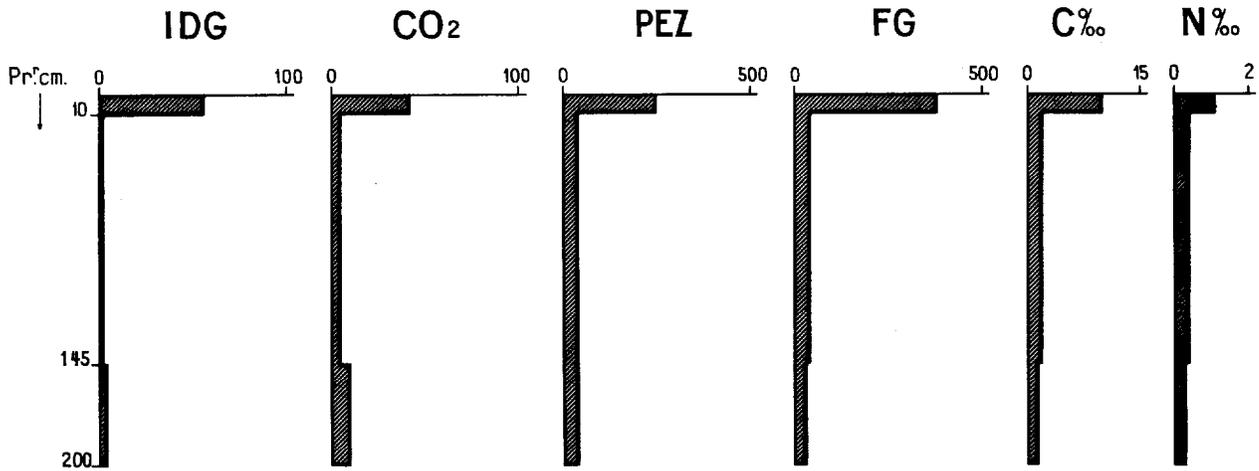


Figure 12 - Valeurs dans un profil de sol faiblement ferrallitique de transition (SMZ 1) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Le rapport IDG/C est, par contre, plus élevé (5,4 en surface), tandis que la valeur C-CO<sub>2</sub>/C reste faible, l'activité glycolytique étant forte par rapport à la respiration. La chute brusque des divers indices en profondeur est caractéristique, comme dans le profil précédent.

## PRÉLÈVEMENTS DIVERS

A Séfa, la comparaison a été faite, comme pour les sols beiges, ferrugineux tropicaux lessivés, entre forêt et culture - après arachides - en avril.

		Profondeur cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C ‰	N ‰	C/N	pH pâte sat.
Forêt	SF 2	0 - 10	52,4	103	772	122	12,2	0,92	13,3	6,4
	SF 2 b	40 - 50	0	22,4	108	74	-	-	-	5,0
Culture	SF 1	0 - 10	1,95	52,8	232	64	4,4	0,36	12,2	4,9
	SF 1 b	40 - 50	0	12,1	72	97	-	-	-	5,2

La chute des indices biologiques est, ici également, très forte de la forêt à la culture (plus marquée pour l'indice glucose) avec l'atténuation nécessaire que des prélèvements en sol couvert, dans les deux cas, seraient un peu moins en défaveur du sol cultivé. Notons, cependant, une tendance au relèvement du potentiel du sol dans l'horizon de profondeur, sous culture, qui dépasse son homologue forestier pour le pH et le niveau minéral (probablement à la suite d'apports d'engrais).

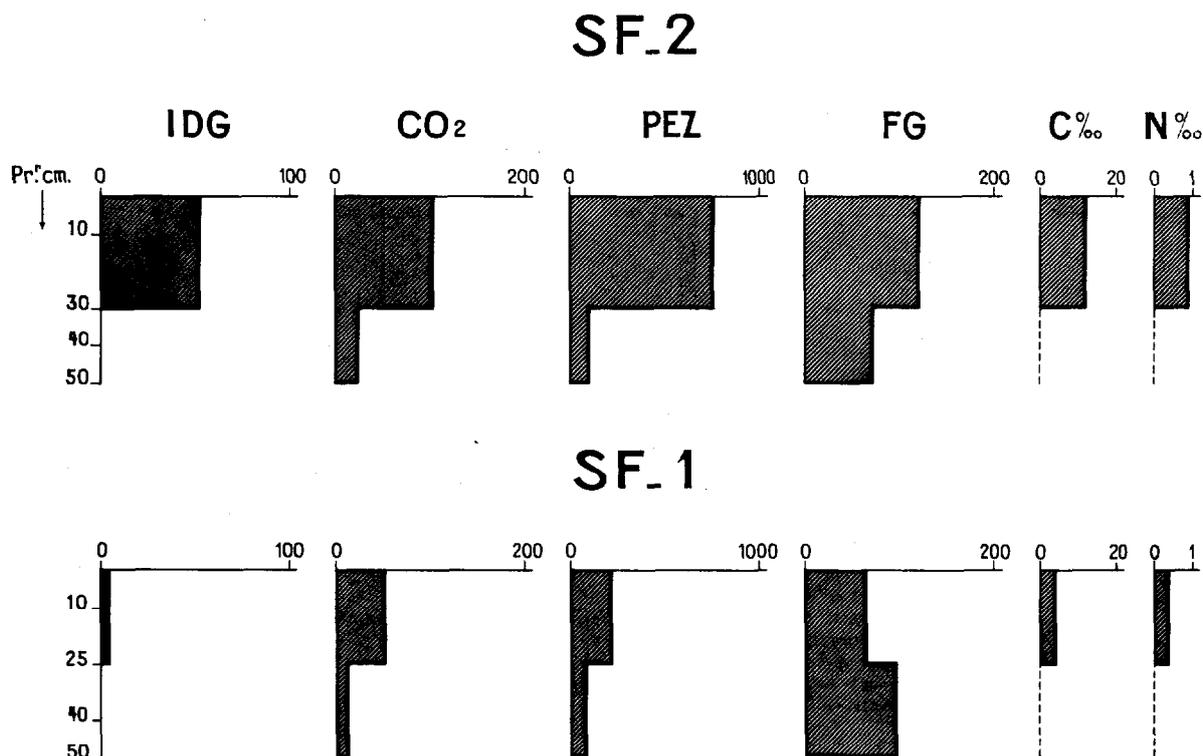


Figure 13 - Comparaison en sol faiblement ferrallitique de transition des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.  
 sous forêt (sol SF 2), en haut  
 sous culture (sol SF 1), en bas.

### PRÉLÈVEMENTS DE SURFACE

Dans les environs de Bignona, dans la forêt de Diarol, nous avons examiné en avril une série de quatre échantillons de surface (0 - 10 cm) par ordre de dégradation croissante de la végétation :

- A - Forêt (un peu dégradée, avec des espèces secondaires) .
- B - Déforestation relativement récente. Culture et brûlis.
- C - Déforestation plus ancienne (Graminées).
- D - Déforestation ancienne (sol nu).

Stades	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N	pH pâte sat.	IDG/C	$\frac{C-CO_2}{C}$
A	62,6	115	772	102	12,5	1,05	11,9	6,1	5,0	2,51
B	57,1	125	582	180	15,1	1,03	14,7	6,5	3,8	2,26
C	27,5	52,1	463	56	11,7	0,77	15,2	5,9	2,4	1,22
D	20,3	48,6	296	48,5	7,5	0,53	14,2	5,6	2,7	1,78

Les trois indices s'accordent (à l'exception du ressaut de la respiration en B), pour marquer une chute régulière de l'activité microbiologique globale.

Le niveau minéral accuse une stimulation, au stade brûlis, pour tomber, ensuite, en dessous de son niveau initial, suivant en cela la réaction du sol.

Ceci paraît confirmer ce qui est généralement admis :

- a - une stimulation de la microflore après abattage de la forêt (phase dépassée ici - IDG, PEZ - ou à son point final - CO<sub>2</sub>), la minéralisation étant intense après l'exposition au soleil et l'élévation du pH par les cendres ;
- b - une dégradation généralement rapide par la suite.

Les rapports IDG/C et C-CO<sub>2</sub>/C diminuent d'abord et marquent, finalement, une tendance au relèvement.

## 7 - SOLS HYDROMORPHES

Nous commencerons comme précédemment par les profils. Nous avons prélevé, à Bambeï, en avril, un sol brun hydromorphe à engorgement temporaire partiel, sablo-argileux, brun organique en surface, devenant très compact en profondeur, tandis que la teinte s'éclaircit jusqu'au calcaire pulvérulent à 115 cm.

SM	Profondeur horizon cm	Prélèvement cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N	pH
50	0 - 5	0 - 5	7,1	39,6	475	88	3,2	0,37	8,6	6,9
51	5 - 25	5 - 25	10,1	10,3	133	128	2,5	0,32	7,8	7,3
52	25 - 60	50 - 60	2,0	5,5	50	102	1,7	0,19	8,9	7,1
53	60 - 115	105 - 115	4,0	3,5	50	80	-	-	-	7,3

### SM.5

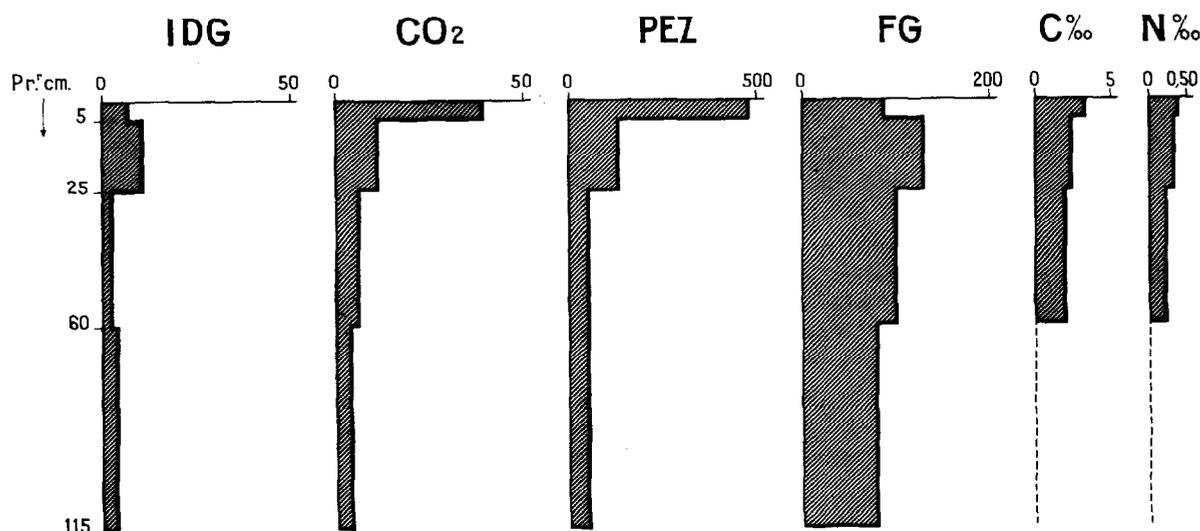


Figure 14 - Valeurs dans un profil de sol hydromorphe (SM 5) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Le rapport IDG/C de 2,2 est très faible par rapport aux sols bien drainés et marque bien la faible activité de la matière organique.

Nous disposons d'un deuxième profil à Hann en bordure d'une ancienne niaye\* asséchée. L'horizon organique superficiel a pratiquement disparu d'où l'anormale faiblesse des indices donnés ci-dessous. La description détaillée du profil portée en annexe est due aux pédologues de Hann.

Horizon	Profondeur horizon cm	Profondeur échantillon cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	Humidité au prélèvement (mars)
SHn 11	0 - 20	0 - 20	1,0	8,4	50	12	0,46
12	20 - 45	20 - 45	0	4,4	50	18	0,47
13	45 - 80	55 - 70	0	3,7	50	9	0,77
14	80 - 125	90 - 105	0	2,4	50	20	1,65
15	125 - 185	150 - 165	0	3,3	40	22	1,80
16	sous 185	190 - 210	0	1,8	40	45	1,91

## SHn\_1

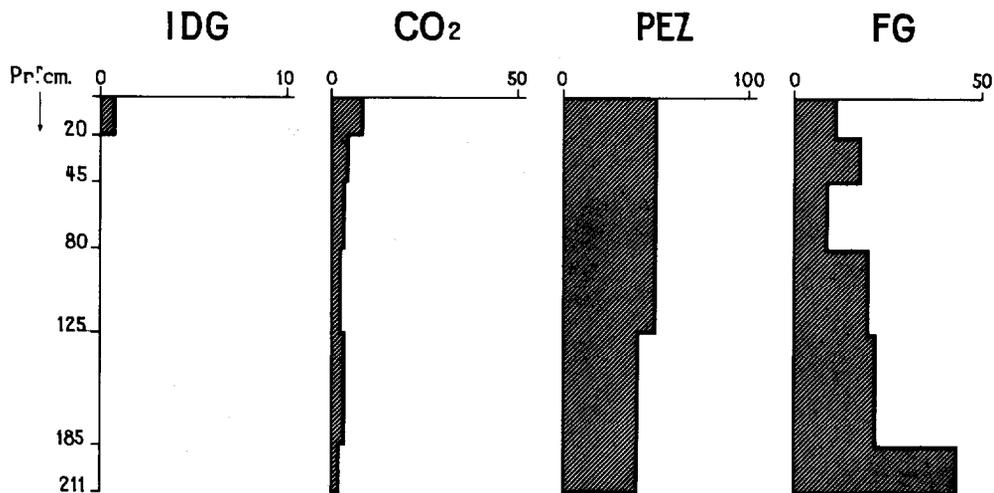


Figure 15 - Valeurs dans un profil de sol hydromorphe (SHn 1) des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

Nous examinerons, enfin, un sol hydromorphe bien drainé, cependant, en surface, sur alluvion quaternaire du delta de la Casamance, en forêt dense mésophile de Santiaba Mandjak à *Parinari excelsa*, etc.. Prélèvement de surface (0-10 cm), sableux, humifère meuble (SF 11) et de profondeur (11 b de 40 à 50 cm). Saison sèche. Epaisseur de l'horizon humifère 20 cm ; sableux, beige en dessous.

Ce sol, d'activité microbiologique globale assez élevée, est remarquable par la faiblesse du rapport IDG/C = 1,9 (C-CO<sub>2</sub>/C = 1,25). C'est aussi, parmi nos prélèvements, celui effectué sous pluviométrie annuelle maximum (1700 - 1800 mm).

\* Dépression marécageuse.

Ce sol est par ailleurs assez particulier, car malgré son rapport C/N élevé, il est doué d'un pouvoir nitrificateur excellent.

	Profondeur horizon cm	Prélèvement cm	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG	C‰	N‰	C/N	pH pâte sat.
SF 11	0 - 20	0 - 10	51,0	124	788	155	27,0	1,69	16,0	5,3
SF 11 b	sous 20 cm	40 - 50	1,95	30,1	150	93	4,4	0,42	10,5	4,8

## SF.11

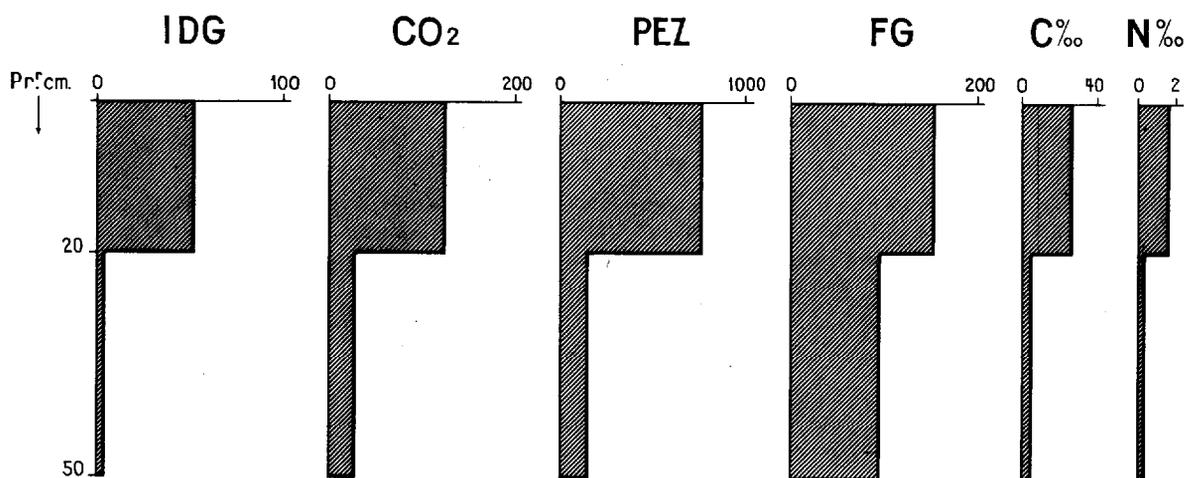


Figure 16 - Valeurs dans un profil hydromorphe (SF 11), en Basse Casamance, des indices  
 IDG : Glycolyse  
 CO<sub>2</sub> : Dégagement de gaz carbonique  
 PEZ : Pouvoir enzymatique saccharase  
 FG : Richesse minérale globale.

### PRÉLÈVEMENTS DIVERS DE SURFACE (0-7 cm)

Les deux premiers échantillons proviennent d'une niaye, dépression marécageuse, au nord de Hann (MAGNIEN, 1959), le deuxième est légèrement salé (mai), tandis que le premier a subi une préparation culturale.

La très forte dépression de l'indice glucose peut être attribuée à la salinité.

Le troisième échantillon (BB 1) provient du Bao-Bolon (prélèvement des pédologues du Centre de Hann, dans une zone récupérable pour la riziculture) et accuse une activité microbiologique globale élevée et un bon niveau minéral.

Le sol Sm 1 5 (nord de Hann en novembre) est mieux drainé (sol hydromorphe sablo-humifère, grisâtre) et forme transition entre les sols ferrugineux tropicaux et les sols tourbeux des dépressions - sans subir de submersion en hivernage (MAGNIEN, 1959).

Le dernier échantillon, prélevé en mai (SH 5), légèrement salé, sous Cypéracées, inondé en hivernage, accuse également la faiblesse de l'indice glucose, tandis que le pouvoir enzymatique est très élevé, le revêtement d'algues étant notable en surface.

	IDG	CO <sub>2</sub>	PEZ	FG
SH 4	94,2	129	463	375
SHn 40	0,2	46,2	585	191
BB 1	72,9	161	965	355
Sm 15	36,5	9,2	265	554
SH 5	2,0	44,9	1 930	223

## CONCLUSIONS

Les différents sols examinés ici montrent que, dans l'ensemble, il existe un assez bon accord entre l'intensité de la glycolyse, d'une part, la respiration et le pouvoir enzymatique saccharase, d'autre part, pour évaluer l'activité microbiologique globale.

Quelques décalages nous paraissent dûs principalement :

- à la présence d'algues, de débris de racines, élevant le pouvoir enzymatique ;
- à la sensibilité plus grande de l'activité glycolytique au chlore ;
- au caractère plus potentiel de la détermination du dégagement de CO<sub>2</sub> favorisée par la plus longue durée de l'incubation (7 jours).

L'étude des corrélations entre l'indice glucose, la respiration et le pouvoir enzymatique sera abordée de manière systématique dans un prochain travail, sur des sols prélevés selon un plan statistique.

L'importance de l'activité microbiologique globale par rapport au stock organique peut être estimée par le rapport de l'indice glucose à la teneur en carbone : nous avons vu que d'une manière générale, à égale teneur organique, l'activité biologique tend à diminuer dans les sols en climat plus humide.

Le coefficient de minéralisation du carbone donne des indications sensiblement équivalentes.

Enfin, l'adjonction aux indices biologiques d'activité d'un indice de richesse minérale d'après une croissance mycélienne d'*Aspergillus niger* permet, à notre sens, d'avoir sur un sol un jugement meilleur, car un faible niveau biologique n'est pas toujours lié à la pauvreté minérale (cas des alluvions jeunes chimiquement très riches et de faible activité biologique).

On peut objecter que notre indice de richesse minérale reflète seulement le facteur limitant. L'objection est surtout valable pour les sols jeunes, car les éléments autres que le facteur limitant se trouvent alors excédentaires et, dans les conditions naturelles, l'abaissement de leur niveau doit logiquement être plus rapide, leur blocage dans les divers cycles biologiques étant moins énergique. Il est d'ailleurs d'observation courante que les sols très évolués, comme les sols ferrallitiques, présentent un niveau minéral uniformément bas en tous éléments fertilisants.

Au contraire, des cas bien nets de carence peuvent être cités dans des sols jeunes (carence fréquente en potassium pour les sols volcaniques, bien pourvus, par ailleurs, en phosphore), ou des cas d'éléments en fort excès (alluvion récente de la Ménarandra, dans le sud de Madagascar, contenant jusqu'à 1‰ d'acide phosphorique assimilable). Notons ici que, d'une façon générale, le niveau minéral présente des variations plus amorties que l'activité biologique lorsque le couvert végétal est modifié.

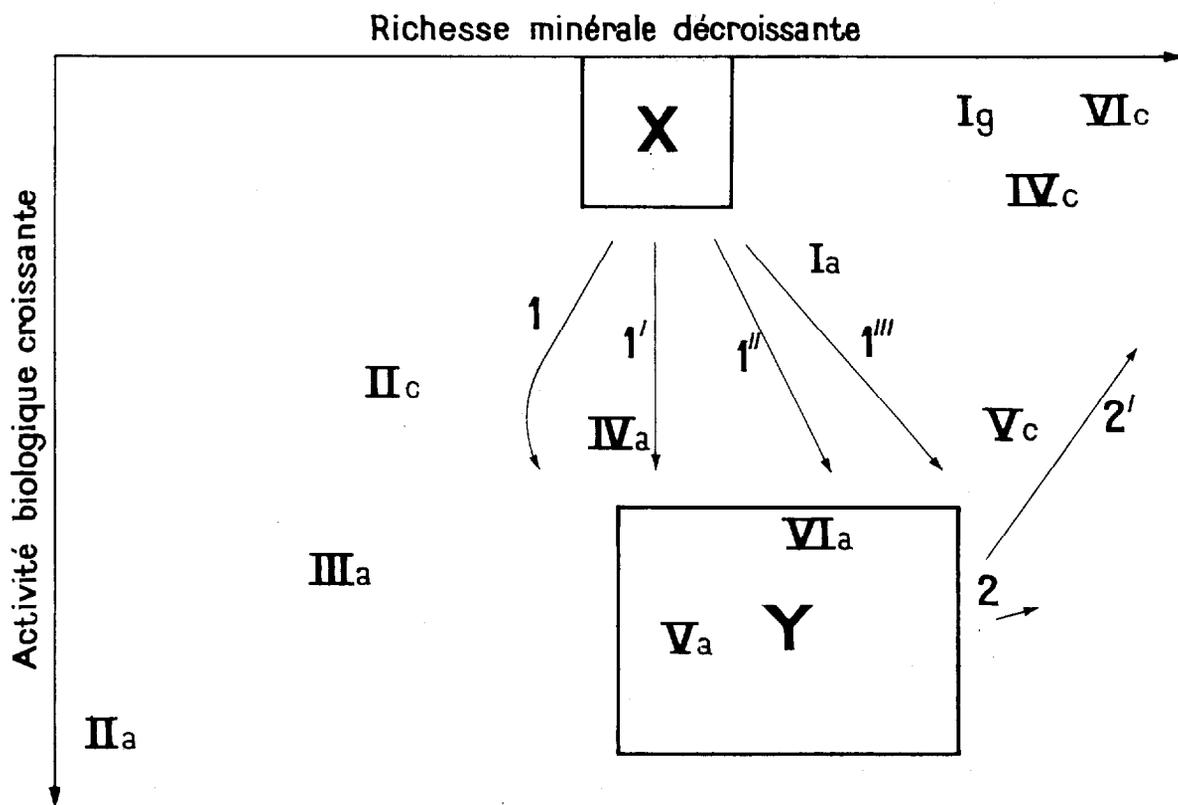


Figure 17 - Evolution schématique d'un sol en fonction de l'activité microbienne et du niveau minéral : X sol très jeune (alluvion, colluvion, dépôt éolien) ; Y sol évolué, forestier en général.

- 1    1'    } sens général  
 1'' 1''' } de l'évolution  
 2    Equilibre presque stable du complexe sol-végétation  
 2'    Evolution précipitée par destruction du couvert végétal.

Les chiffres romains indiquent la position schématique des divers sols envisagés :

Sols d'apport .....	I
Vertisols .....	II
Bruns subarides .....	III
Ferrugineux tropicaux non lessivés .....	IV
Ferrugineux tropicaux lessivés .....	V
Faiblement ferrallitiques .....	VI

a : végétation arborée - g : Graminées - c : culture.

N.B. - Dans le sol d'apport, les valeurs sont ramenées à 0-10 cm.

Dans le cas, très général en Afrique de l'ouest, d'un matériau originel pédologique meuble si l'on considère, d'une part, l'activité biologique globale et, d'autre part, la richesse minérale, deux extrêmes sont donc possibles :

- a - le matériau originel présente une teneur assez bonne en éléments minéraux - parfois très élevée dans le cas de certaines alluvions - mais dont le dépôt très récent n'a encore permis qu'une faible évolution biologique. L'horizon humifère est à peine notable et l'activité microbiologique est faible.
- b - sur le même matériau originel, une longue évolution pédologique a solubilisé toutes les réserves minérales. Le stock a très lentement diminué, les cycles n'étant pas parfaitement fermés (élimination par lessivage, etc..) ; la richesse minérale est faible et concentrée dans l'horizon superficiel dont l'activité microbiologique est élevée. C'est le cas des sols forestiers sur les nappes d'épandage sablo-argileuses occupant de grandes superficies en Afrique.

La figure 17 schématise cette évolution. L'augmentation de la pluviométrie favorise l'appauvrissement du sol par lessivage, ainsi, au Sénégal, nous avons constaté sur matériau originel sableux la décroissance du niveau minéral vers le sud accompagnant l'augmentation de la pluviométrie.

C'est pourquoi, dans notre schéma, nous avons indiqué plusieurs variantes de 1 à 1<sup>m</sup> pour le passage d'un matériau originel meuble (x) à un sol forestier évolué (y), en fonction de l'intensité du lessivage ; la flèche 1 représente les conditions d'un climat assez sec n'amenant qu'un très faible lessivage après une augmentation du niveau minéral par solubilisation des éléments totaux contenus dans les divers minéraux (micas, feldspaths, ..) ; les flèches 1' à 1<sup>m</sup> correspondent à des climats de plus en plus humides, pour lesquels la phase fugace d'enrichissement minéral par altération n'a pas été représentée, le lessivage devenant de plus en plus important.

Même dans le complexe "sol-forêt" considéré en équilibre, une très lente élimination des bases doit, à la longue, abaisser l'activité biologique (flèche 2) lorsque toutes les réserves minérales (micas, feldspaths, ..) ont été solubilisées.

La destruction du couvert végétal précipite cette évolution (flèche 2') après une très éphémère exaltation (que nous n'avons pas figurée).

Dans cette conception, les sols que nous avons passés en revue se situeraient schématiquement dans les zones que nous avons indiquées (cf. légende de la figure).

## BIBLIOGRAPHIE

- ARKAD'EVA (Z.A.). a. - Interaction of maize with some bacteria of the root microflora. *Mikrobiologiya*, 1963, 32, 79-85. *Biol. Pochv. Fak. Moskov. Gosudar Univ. Lomonosova*.
- ARKAD'EVA (Z.A.). b. - Interaction of buckwheat with *Micrococcus* sp. *Mikrobiologiya*, 1963, 32, 277-280. *Biol. Pochv. Fak. Moskov. Gosudar Univ. Lomonosova*.
- AUBERT (G.) - La classification pédologique française. *Cahiers O.R.S.T.O.M. Pédologie*, 1963, 3, 1-8.
- AUDRY (P.) - Etude pédologique du centre de recherche zootechnique de Dahra-Djolloff, 2 vol. Centre O.R.S.T.O.M. Hann-Dakar, 1962, -131 p.; fig., tableaux anal.
- BIRCH (H.F.) et FRIEND (M.T.) - Humus decomposition in East african soils. *Nature*, 1956, vol. 178, 4531, 500-501.
- BOCQUIER (G.) et MAIGNIEN (R.) - Les sols bruns subarides tropicaux d'Afrique de l'Ouest. *Sols Africains*, 1963, VIII, 3, 359-370.
- BONFILS (P.) et FAURE (J.) - Les sols de la région de Thiès. *Ann. Centre Rech. Agron., Bambey, Sénégal*, 1956, 16, 5-92.
- BURGES (A.) - Importance de l'écologie dans la microbiologie des sols. *Ann. Inst. Pasteur*, 1963, 105, 1, 3-18.
- DOMMERMUES (Y.). a. - Un exemple d'utilisation des techniques biologiques dans la caractérisation des types pédologiques. *Agron. trop.*, 1960, 15, 61-72.
- DOMMERMUES (Y.). b. - La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *Agron. trop.*, 1960, 15, 54-60.
- DOMMERMUES (Y.) - Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. *Ann. Agron.*, 1962, 13 (4), 265-324.
- DOMMERMUES (Y.) - Evaluation du taux de fixation de l'azote dans un sol dunaire reboisé en filao (*Casuarina equisetifolia*). *Agrochimica*, 1963, VII, 4, 335-340.
- DROBNIK (J.) - A respirometric study of glucose metabolism in soil samples. *Folia biologica*, 1958, IV, 3, 137-146.

- DROBNIK (J.) - Primary oxidation of organic matter in the soil. *Plant and Soil*, 1960, 12, 199-222.
- DUCHAUFOR (P.) et DOMMARGUES (Y.) - Etudes des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux. *Sols Africains*, 1963, VIII, 1, 5-23.
- DUCHAUFOR (P.) et JACQUIN (F.) - Résultats des recherches récentes sur l'évolution de la matière organique dans les sols. *Bull. bibliog. Pédologie, O.R.S.T.O.M.*, 1964, XIII, 1, 18-24.
- FAUCK (R.) - Le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions. *Sols Africains*, 1963, VIII, 3, 383-405.
- FULLER (W.H.), CAMERON (R.E.) et RAICA (N.) - Fixation of nitrogen in desert soils by algae. *7th Intern. Congr. Soil Sci., Madison, USA, Elsevier, Amsterdam*, 1961, III, 22, 617-624.
- HOFMANN (Von Ed.) - Enzymreaktionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.*, 1952, 56 (101), 68-72.
- JANSSON (Sven K.) - On the establishment and use of tagged microbial tissue in soil organic matter research. *7th Intern. Congress. Soil Sci., Madison, USA, Elsevier, Amsterdam*, 1961, III, 25, 635-642.
- KONONOVA (M.M.) - *Soil organic matter*. Pergamon Press, London, 1961, 450 p.
- LUNDEGÄRDH (H.) et STENLID (G.) - On the exudation of nucleotides and flavonones from living roots. *Arkiv. Botanik*, 1944, 31, A, 1.
- MACURA (J.) et KUNC (F.) - Continuous flow method in microbiology. II. Observations on glucose metabolism. *Fol. microbiol.*, 1961, 6, 398-407.
- MACURA (J.), SZOLNOKI (J.) et VANCURA (V.) - Decomposition of glucose in soil. p.231-238 in : *Soils organisms, Proc. of the colloquium on soil fauna, soil microflora and their relationships, Oosterbeek*, 1962. North-Holland Pub. Company, Amsterdam, 453 p.
- MAIGNIEN (R.) - Les sols de la presqu'île du Cap Vert. Centre de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M., Hann, Dakar, 1959.
- MOUREAUX (C.) - Essai de détermination biochimique des carences dans quelques sols malgaches. *VI<sup>e</sup> Congrès Intern. de la Sci. du sol*, Paris, 1956, C, III, 413-417.
- MOUREAUX (C.). a. - Microbiologie de quelques sols de l'île Maurice. *Le Naturaliste Malgache*, 1957, IX, 1, 11-27.
- MOUREAUX (C.). b. - Tests biochimiques de l'activité biologique de quelques sols malgaches. *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 1957, D, VIII, 225-241.
- MOUREAUX (C.) - L'activité microbiologique et ses variations dans l'année en divers sols des Hauts Plateaux malgaches. *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 1959, IX, 121-199.
- MOUREAUX (C.), RIQUIER (J.) et ROCHE (P.) - Les sols à canne à sucre à Madagascar. *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 1959, IX, 91-108.
- MOUREAUX (C.) - Existence de sols noirs humifères en sommet de colline. *Bull. Acad. Malgache*, (Tananarive), 1961, T. 38, 47-49.
- ROBERT (Mme M.) - Etude biologique des sols au cours de l'épreuve d'incubation. II. Glucides libres. *Annales de l'Institut Pasteur*, 1964, 106, 801-806.
- SALLE (A.J.) - *Fundamental principles of bacteriology*. Mac Graw Hill Book Co., New-York, 1961.
- THOMANN (Mlle C.) - Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'Ouest Africain. *Cahiers O.R.S.T.O.M., Pédologie*, 1964, 3, 43-79.
- WINOGRADSKY (S.) - *Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes*. Masson, Paris, 1949, 861 p.

## RÉSUMÉ

*L'auteur a déterminé un indice de consommation du glucose par les germes du sol dans les catégories suivantes de sols ouest-africains :*

- Sols minéraux bruts d'apport
- Vertisols lithomorphes à structure massive
- Sols bruns subarides
- Sols ferrugineux tropicaux non lessivés
- Sols ferrugineux tropicaux lessivés
- Sols faiblement ferrallitiques
- Sols hydromorphes.

*Cet indice, pris comme mesure d'activité microbiologique globale des sols, la majorité des germes du sol étant capables d'utiliser le glucose, avait été précédemment mis au point sur les sols de Madagascar. Il repose sur la mesure de la diminution de glucose, à faible concentration dans le sol, au cours d'une incubation de 24 h à 30°C.*

*Quelques expériences soulignent l'influence de la densité bactérienne et du niveau minéral sur l'intensité de la glycolyse.*

*Les données obtenues sont complétées par :*

- 1 - *Le dégagement de gaz carbonique par le sol - souvent pris comme niveau de référence pour l'activité microbiologique globale des sols.*
- 2 - *Le pouvoir enzymatique saccharase (intensité du dédoublement du saccharose) d'après HOFMANN.*
- 3 - *Une estimation de la richesse minérale globale des sols par le développement du mycélium d'Aspergillus niger dans un milieu nutritif ne comportant que carbone et azote en plus du sol.*

*L'accord entre les trois déterminations de l'activité microbiologique globale est généralement bon, quelques cas de divergences pouvant être expliqués. Les corrélations seront examinées systématiquement, dans un prochain travail, sur des échantillons prélevés selon un plan statistique.*

*Les travaux de Z. A. ARKAD'EVA (1963), mettant en évidence la sécrétion de glucose par des racines (maïs) et sa disparition dans les conditions normales du sol, peuvent appuyer la valeur écologique de la glycolyse.*

*La considération du niveau minéral global permet un classement plus valable des sols : il peut être très différent, en effet, pour une même activité biologique et il réagit moins rapidement aux variations du couvert végétal.*

*Les résultats obtenus permettent une différenciation parfois très notable des groupes de sols considérés.*

*Sont particulièrement remarquables les hautes valeurs de l'activité microbiologique globale et du niveau minéral dans les vertisols ; les autres sols sont moins bien partagés et l'influence du couvert végétal y prend encore plus d'importance. Le rapport de la glycolyse au taux de carbone du sol peut, comme le coefficient de minéralisation du carbone de Y. DOMMERMUES, donner une estimation de la valeur du stock organique du sol vis-à-vis de la population microbienne.*

*Quelques descriptions de profils sont données en annexe, ainsi que le mode opératoire pour les déterminations d'indice glucose et de richesse minérale globale.*

## **SUMMARY**

*The author has determined an index of glucose uptake by the soil germs in the following great soil units of West Africa :*

- Regosols*
- Tropical black clays or vertisols like*
- Subarid brown soils*
- Tropical ferruginous soils*
- Slightly ferrallitic soils*
- Hydromorphic soils.*

*This index, taken as a measure of total microbiological activity of soils, assuming that the greater number of soil germs have the power to assimilate glucose, had previously been worked out on the soils of Madagascar.*

*Its measure lies on the glucose uptake at low concentration in the soil, during a 24 hours incubation at 30°C.*

*The following data are also given :*

- 1 - carbon dioxide evolution (which has been often considered as the result of total microbiological activity of soils)*
- 2 - saccharase enzymatic power after HOFMANN*
- 3 - an estimation of total soil mineral status by the growth of *Aspergillus niger* mycelium, only carbon and nitrogen being added to the soil as nutritive media.*

*A good agreement is found in most cases between the three measures of biological activity.*

*Coefficients of correlation will be estimated on several sets of sampling units in a later work.*

*Researches by ARKAD'EVA (1963) showing the importance of glucose secretion by maize roots are quoted to support the value of this index in ecology.*

*The data show many differences between the soils. In particular, high values of microbiological activity and mineral status are observed in the vertisols ; much lower values appear in the other soils where vegetation is of great importance.*

*The ratio of glucose index to carbon level as well as the evolution of carbon dioxide to carbon level gives an estimation of organic matter linked to microbiological activity.*

*Influence of bacterial density on glycolysis is shown.*

*An appendix gives details on some soil profiles and analytical methods take place in fine.*

## ANNEXES

### Description de quelques profils

#### Vertisols lithomorphes à structure massive

Profil SM9, presque à l'est du Cap Vert, série de la Briquetterie, 1 km au NE du village de Pout, en bas de pente de 2 à 3 %, à 20 m d'un marigot à profil en V et assez creux.

Le sol est peu couvert, cultivé en manioc et tomate avec quelques repousses de *Bauhinia sp.*, *Zizyphus spinachristi* et *Faidherbia albida*.

- 0 - 10 cm Surface présentant par endroits des fentes de retrait, mais assez limitées, probablement par action de la culture.  
Dans certaines zones, tendance à l'effondrement avec fentes de retrait beaucoup plus développées ; certains *gilgat*, mais assez peu développés. En surface du sol, fine couche d'agrégats, finement grumeleux, puis horizon brun-gris, sablo-argileux (à sables fins). Macro-structure polyédrique, sous-structure cubique, compacité des agrégats assez forte. Porosité d'agrégats bonne, porosité tubulaire moyenne. Présence de fines racines, assez nombreuses, s'insérant dans les agrégats.
- 10 - 34 cm Brun-clair avec présence de petites taches ocre-jaune, assez bien délimitées, et zones plus grises, mal délimitées. Texture argilo-sableuse. Structure cubique à prismatique moyenne. Compacité un peu plus forte que dans l'horizon précédent. Porosité d'agrégats. Fentes de retrait verticales assez nombreuses. Engorgement temporaire (taches ocre bien délimitées).  
N.B. Les horizons 1 et 2 sont très probablement un recouvrement ancien.
- 34 - 65 cm Brun-noirâtre à transition assez brusque avec le précédent. Sablo-argileux avec présence de grains de sable grossier mal mélangés à la masse sablo-argileuse. Présence de taches ocre, petites, mais assez nombreuses. Structure prismatique moyenne. Horizon plus humide que le précédent, présence de revêtements argileux sur les faces des agrégats. Fentes de retrait assez larges (moins de 0,5 cm). Compacité assez forte. Porosité d'agrégats comme précédemment.
- 65 - 85 cm Brun-olive mélangé de gris (Code expolaire E 62). Texture argilo-légèrement sableuse. Structure moins bien définie. Horizon légèrement humide ; lorsque sec, tendance cubique. Présence de très nombreuses taches ocre ou ocre-rouge. Compacité assez forte, malgré l'humidité. Porosité non discernable.  
On note plusieurs racines horizontales vers 70 cm. Présence de quelques gravillons très roulés à patine superficielle lisse, de couleur ocre ( $\varnothing$  0,5 cm) ; assez durs ; à l'intérieur : ocre-jaune ; par endroits : groupements de gravillons.
- 85 - 135 cm Brun-grisâtre ; les surfaces luisantes ont une couleur gris-olive ; texture argilo-sableuse. Structure prismatique assez bien développée, large. Sous-structure difficilement appréciable à cause de l'humidité. Faces luisantes ; tendance aux *slickensides* sur la surstructure. Présence de quelques taches ocre, petites, bien délimitées mais plus nombreuses que dans l'horizon précédent. Fentes de retrait plus fines que dans les horizons supérieurs. Dans certaines fentes ou creux, présence de sable blanc assez lavé. Compacité forte à l'état sec. Porosité mal définie. Présence de quelques petites concrétions blanchâtres, non calcaires, vers 90 cm.
- 135 - 165 cm Couleur hétérogène avec mélange gris très foncé et quelques localisations plus brunâtres. Légèrement humide. Par dessèchement, tendance au brun, légèrement ocré. Argilo-sableux, fin. Débit mal défini, à cause de l'humidité mais à tendance prismatique. Compacité assez forte. Traces sableuses entre les agrégats, assez nombreuses, certaines légèrement ocrées. Porosité faible. Présence de grosses racines assez nombreuses.
- Au dessous de 165 cm : Couleur gris-olive foncé (H 81 code expolaire), avec taches ocre, diffuses, assez nombreuses. Texture argileuse. Structure cubique bien développée assez large.

Compacité des agrégats forte ; très nombreuses faces luisantes sur les agrégats. Porosité probablement faible. Présence de quelques fines racines malgré la profondeur de 2 m. Activité de microfaune faible sur tout le profil, sauf en surface. Certaines racines sont horizontales.

Les prélèvements ont été faits dans la zone médiane de chaque horizon.

### Sols faiblement ferrallitiques

Profil SF 10, près de Bignona, en forêt semi-décidue des Kalounayes (*Khaya senegalensis*, *Erythrophleum guineense*, *Cassia sieberiana*, *Daniellia Oliveri*, *Combretum macroptera*).

- 0 - 7 cm Gris-brun, humifère (sous litière de feuilles sèches), chevelu radicaire abondant. Structure grumeleuse meuble ; assez sableux.
- 7 - 23 cm Brun-jaune à beige, faiblement humifère. Petites racines ; sableux ; nuciforme ; cohésion marquée.
- 23 - 65 cm Rouge ; teinte plus soutenue en profondeur. Structure cuboïde à polyédrique ; très compact ; légèrement plus argileux.
- 65 - 105 cm Rouge, un peu plus foncé, nuciforme à polyédrique. Très compact, mais macroporosité due (sur tout le profil) à des passages de racines et de nombreux canaux d'insectes.
- 105 - 160 cm Rouge, argileux, polyédrique, compact. Présence de concrétions ferrugineuses non indurées d'un rouge plus sombre, se délitant à l'angle.
- 160 - 220 cm Rouge-sombre (humide), avec des concrétions ferrugineuses moins apparentes et plus tendres. Polyédrique, moins compact.
- Sous 220 cm Rouge brique, humide. Sans concrétion.

### Sols hydromorphes

Il s'agit d'une ancienne *niaye*, dans une dépression peu marquée, à Hann (Dakar), dont l'horizon organique a presque complètement disparu. Le sol est dénudé avec aux environs des filaos et des eucalyptus.

- 0 - 20 cm Sableux, faiblement organique, brun pâle à brun-jaune clair (Munsell - 10 YR 6/3,5). Structure particulaire fondue. Débit à tendance nuciforme ou polyédrique - Faune du sol paraissant très peu abondante.
- 20 - 45 cm Horizon à décroissance progressive de la matière organique, teinte identique à celle de l'horizon précédent, mais s'éclaircissant vers le bas avec tendance grisâtre. Sableux, à finement sableux, particulaire. Horizon compacté. Débit polyédrique.
- 45 - 80 cm Brun pâle, plus sableux, horizon légèrement plus compacté que le précédent - nombreuses taches rouille individualisées (au centre plus foncé, et faiblement induré) ; quelques unes à allongement vertical le long des racines. Particulaire, débit polyédrique, niveau préférentiel d'enracinement juste au-dessus de 80 cm.
- 80 - 125 cm Sable beige, très clair, à blanchâtre, particulaire, friable à taches rouille plus claires, moins nombreuses, diffuses ; humide sous 80 cm.
- 125 - 185 cm Sable gris, très clair, légèrement bleuté avec taches mal délimitées, d'un gris plus soutenu. Particulaire, friable.
- Sous 185 cm Sable blanchâtre à beige, très clair, humide, déferrifié, particulaire, friable. Pénétration de quelques grosses racines.

## Mode opératoire pour la détermination de l'indice d'utilisation du glucose (IDG)

Mettre 20 g de sol tamisé à 2 mm dans des fioles de Fourneau de 250 cm<sup>3</sup>. Humidifier le sol par 10 cm<sup>3</sup> d'une solution de glucose à 1 % (soit 100 mg de glucose par échantillon).

### Remarque sur l'humidification

La forte humidification a l'avantage d'amener une meilleure homogénéisation de l'apport de glucose au sol et les essais ont montré qu'elle permet, dans le cas général, une glycolyse plus intense que des humidités moindres. Il ne peut être question de déterminer chaque fois l'optimum d'humidité. Cependant, les courbes de glycolyse, selon l'humidité, montrent que cette fonction est très peu sensible à l'excès d'eau.

cm <sup>3</sup> eau ajoutée au sol	Valeur IDG	
	SA <sub>1</sub> (argileux) Vertisol	SA <sub>3</sub> (sableux) Dior
2	17	12,0
3	22	17,4
4	25	24,6
7	30,6	26,6
12	39,3	31,4
17	36,0	33,9
27	36,4	33,1

Mettre le sol, humidifié par la solution glucosée à l'étuve, à 30°, pendant 24 h (boucher les fioles par un bouchon à trou).

Après 24 h, diluer le contenu des fioles avec 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée. Agiter.

Reprendre 10 cm<sup>3</sup> après brève décantation et filtration pour titrer au ferricyanure le glucose restant.

$$\text{IDG} = \frac{\text{mg glucose disparu} \times 100}{\text{mg glucose initial}}$$

## Principe du dosage des sucres réducteurs par la méthode d'HAGEDORN-JENSEN modifiée selon ISSEKUTZ-BOTH \*

Le filtrat contenant les sucres réducteurs est additionné d'une solution oxydante titrée de ferricyanure de potassium en milieu alcalin.

Le ferrocyanure engendré est précipité sous forme de ferrocyanure de Zn ; l'excès de ferricyanure est titré par iodométrie.

Les réactions chimiques sont les suivantes :

En milieu alcalin, les glucides réduisent le ferricyanure  $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_3$ , en ferrocyanure  $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_4$ .

\* Dans BRUNEL (A.), 1949 - *Traité pratique de Chimie végétale* - Georges Frère Tourcoing.

Nous avons précédemment utilisé la liqueur de Fehling ; nous avons adopté la méthode au ferricyanure à la suite de Y. DOMMERGUES qui l'employait pour le pouvoir enzymatique saccharase à Hann.

Il faut opérer en présence d'un excès de ferricyanure. Cet excès est déterminé par iodométrie. On réduit le ferricyanure par l'acide iodhydrique d'après la réaction :



Cette réaction n'est complète que si on opère en présence d'un excès d'ion Zn qui précipite le ferrocyanure de Zn :



- aux 10 cm<sup>3</sup> du filtrat contenant le glucose à doser dans un erlenmeyer de 100 cm<sup>3</sup>, ajouter exactement 10 cm<sup>3</sup> de solution I et 10 cm<sup>3</sup> d'eau distillée.
- Mettre au bain-marie bouillant 20 mn.
- Pendant que les erlens sont au bain-marie, préparer une quantité suffisante de solution II avec IK pour la série à doser (6,25 g d'IK dans 250 cm<sup>3</sup> de solution II sans IK (selon la formule ci-dessous).
- Faire refroidir dans de l'eau glacée.
- Ajouter 10 cm<sup>3</sup> de solution II (avec IK) à la burette.
- " " " III (acide acétique 9 %) ; agiter. Attendre 2 mn.
- Ajouter 5 cm<sup>3</sup> d'une solution d'amidon (solution IV).
- Titrer à l'hyposulfite de sodium N/20.

### Composition des solutions utilisées

**Solution I** - Solution de ferricyanure de potassium N/20 ; dissoudre dans l'eau distillée 16,5 g de ferricyanure de potassium RP et 70 g de carbonate de sodium anhydre RP ; amener à 1 litre.

**Solution II** - Iodure de potassium, sulfate de zinc et chlorure de sodium. Préparer une solution contenant 50 g de sulfate de zinc et 250 g de chlorure de sodium par litre. Cette solution est stable ; lui ajouter au moment de l'emploi une quantité d'iodure de potassium telle que la solution en contienne 2,5 %.

**Solution III** - Acide acétique à 9 % en volume.

**Solution IV** - 300 mg d'amidon soluble dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée bouillante. Refroidir. Conserver cette solution au frigidaire ou additionnée d'un cristal de thymol.

### Calculs

On peut utiliser la table figurant page 66 du tome III du traité de chimie végétale de BRUNEL.

Ou plus simplement, ayant constaté la proportionalité entre les quantités de glucose et de ferricyanure mis en jeu, on a en posant :

- A, nombre de cm<sup>3</sup> d'hyposulfite pour témoin glucose sans sol (consommation nulle) ; A est de l'ordre de 4 cm<sup>3</sup>.
- B, nombre de cm<sup>3</sup> d'hyposulfite, dans le cas du sol incubé avec glucose ; B varie entre A et C.
- C, nombre de cm<sup>3</sup> d'hyposulfite pour réduire 10 cm<sup>3</sup> de ferricyanure ; C peu différent de 10.

$$\text{IDG} = \frac{\text{B} - \text{A}}{\text{C} - \text{A}} \times 100$$

La variation de l'indice glucose dans le temps sur les échantillons stockés à l'air, est faible ; échantillon Sm N1, vertisol (culture de mil, presqu'île du Cap Vert - Sébikotane).

La détermination du glucose, réalisée ici, est affectée d'un coefficient de variation,  $CV = \frac{100 s}{m}$  de 0,5 %.

	décembre 62 (1)	novembre 64 (2)
IDG	41,3	42,9
(1) moyenne de deux répétitions (2) moyenne de trois répétitions		

## Protocole pour la détermination de la richesse minérale globale par le test à l'*Aspergillus Niger*

Le milieu ajouté au sol ne contient que du carbone et de l'azote, de sorte que la croissance du champignon soit le reflet des éléments minéraux disponibles dans le sol ou tout au moins de l'élément facteur limitant.

A 20 g de sol en fiole de Fourneau de 250 cm<sup>3</sup>, on ajoute 40 cm<sup>3</sup> du milieu suivant :

- Acide citrique pur ..... 10 g
- Sulfate d'ammoniaque RP ..... 6 g
- Saccharose pur..... 100 g
- Eau q.s. p. .... 1000 cm<sup>3</sup>

Le tout est additionné de 1 cm<sup>3</sup> d'une suspension de spores d'*Aspergillus niger*.

Les fioles, bouchées au coton, sont incubées 6 jours à 30° ; on récolte le mycélium à la pince brucelle, on lave soigneusement et on sèche à 70° jusqu'à poids constant. (Mettre un peu d'eau oxygénée ou de permanganate de potassium avant la récolte dans les fioles de Fourneau pour éviter la dissémination).

Le poids de mycélium est pris comme indice minéral du sol.