

# UN EXEMPLE D'UTILISATION DES TECHNIQUES BIOLOGIQUES DANS LA CARACTÉRISATION DES TYPES PÉDOLOGIQUES

par

**Y. DOMMERGUES**

Directeur de Recherche

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

La carte établie par R. MAIGNIEN (11) met en évidence une très grande variété de types pédo-  
logiques dans la presqu'île du Cap Vert. On y rencontre en effet des représentants de six sur les neuf  
classés de sol telles qu'elles ont été définies en Afrique tropicale par G. AUBERT (2) et P. DUCHAU-  
FOUR (8).

Cette richesse spécifique remarquable, concentrée sur une surface restreinte, est assez rare  
dans l'ouest africain ; aussi avons-nous profité de cette circonstance pour vérifier si les techniques  
biologiques pouvaient apporter de nouveaux critères permettant de consolider et d'élargir les bases  
de la classification pédogénétique.

## A. MÉTHODES

Les techniques utilisées dans la présente étude sont classiques et ont été éprouvées depuis plu-  
sieurs années dans notre laboratoire.

En ce qui concerne les numérations, elles ont été faites suivant les méthodes préconisées par  
J. POCHON (13, 14), O.-N. ALLEN (1) ou nous-même (4). L'azote minéralisable a été déterminé en se  
conformant sensiblement aux normes de G. DROUINEAU (7). Le taux de saccharase a été établi par la  
méthode E. HOFMANN (10). La mesure de dégagement de  $CO_2$  a été faite à partir d'échantillons de  
100 g de sol maintenus sept jours à l'incubation à 30° C et le calcul du coefficient de minéralisation  
a été effectué dans les conditions que nous avons définies récemment (6).

L'azote a été dosé par la méthode KJELDAHL avec catalyseur au sélénium, le carbone par la  
méthode WALKLEY (3). Le pH a été mesuré sur pâte de sol avec un pHmètre Radiometer et la con-  
ductivité électrique sur des suspensions de sol au 1/5 (16).

Toutes les analyses ont été effectuées sur des échantillons prélevés dans l'horizon de sur-  
face (0-5 cm).

## B. CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS DE LA PRESQU'ÎLE DU CAP VERT

Parmi les nombreux types de sol de la presqu'île, nous avons retenu, d'une part, ceux qui sont  
les plus répandus ou qui présentent un intérêt économique incontestable (Dior, niayes, sols noirs

hydromorphes), d'autre part ceux qui, du point de vue théorique, constituent des chaînons importants de la classification pédogénétique (sols calcimorphes ou sols minéraux bruts par exemple).

#### 1) Sols dunaires bruts

Les dunes de Malika, qui en constituent le type, appartiennent à la classe des sols minéraux bruts, groupe des sols bruts d'apport éolien.

Même non stabilisés, ces sols possèdent une activité biologique globale non négligeable bien que très faible. Nous avons montré que leur fixation par le reboisement entraînait un développement explosif de l'activité de tous les groupements physiologiques de la microflore tellurique (5).

Les caractéristiques biologiques les plus remarquables de ces sols sont les suivantes :

- a) Dégagement de  $\text{CO}_2$  très faible.
- b) Taux de saccharase très faible.
- c) Coefficient de minéralisation du carbone exceptionnellement élevé, mais tendant à diminuer après reboisement.
- d) Microflore minéralisant et réduisant le fer peu abondante.

#### 2) Sols dunaires faiblement évolués

Les sols du périmètre de reboisement de M'Bao, sans appartenir à une famille bien définie, peuvent être classés dans le groupe des sols d'apport peu évolués, bien drainés.

S'ils se distinguent des précédents par une activation très nette du métabolisme du carbone signalée par :

- un dégagement de  $\text{CO}_2$  relativement important,
- un taux de saccharase au-dessus de la moyenne,
- une cellulolyse intense.

il faut y voir surtout l'effet d'une végétation forestière installée depuis plusieurs décennies.

Le coefficient de minéralisation du carbone particulièrement élevé (6,4 à 7,4) rapproche incontestablement ce type de sol du précédent, mais l'importance des réserves en azote minéralisable et l'intensité de la nitrification l'en distinguent très nettement.

#### 3) Sol rendziniforme de Bargny

Ne disposant que d'une seule série de résultats pour ce type de sol, il nous est impossible de généraliser les observations résumées au tableau III.

En ce qui concerne le niveau de son activité biologique globale, ce sol se classerait relativement bien (taux de saccharase élevé, dégagement de  $\text{CO}_2$  assez important), mais sa minéralisation déficiente de l'azote le ferait plutôt ranger parmi les sols les moins fertiles de la presqu'île.

#### 4) Sols Dior de Bambilor et de Pout

Appartenant à la classe des sols à hydroxydes individualisés et à la matière organique fortement minéralisée, ces sols ferrugineux tropicaux non lessivés sont réservés à la culture du mil et de l'arachide.

Montrant une activité biologique globale réduite (dégagement de  $\text{CO}_2$  peu important, taux de saccharase très faible) ils sont pourtant susceptibles de fournir des récoltes correctes grâce à une minéralisation de l'azote excellente (taux de minéralisation de l'azote supérieur à 5).

Ils présentent en outre trois autres particularités remarquables, ce sont :

- a) un coefficient de minéralisation du carbone moyen (0,8 à 1,5) ;
- b) une absence presque absolue d'*Azotobacter chroococcum*, liée au pH acide et surtout à la pauvreté du sol en phosphore et calcium ;
- c) une grande pauvreté en bactéries réduisant le fer à l'état ferreux.

Toutes ces caractéristiques se retrouvent dans les sols Dior de l'intérieur du Sénégal (Bambey).

### 5) Sols salés de Bargny

La salure provoque un ralentissement considérable de l'activité de tous les groupements physiologiques de micro-organismes déjà signalée par certains auteurs (12). Les tests biochimiques confirment cette observation.

### 6) Sols de niayes

Ces sols organiques de bas-fond sur sable siliceux installés dans des dépressions interdunaires appartiennent à la grande classe des sols hydromorphes.

Sols maraîchers par excellence, faciles à reconnaître sur le terrain, il est très délicat d'en donner une description synthétique en raison de l'amplitude des variations qu'ils présentent, non seulement d'une niaye à l'autre, mais à l'intérieur de la même niaye. Un examen rapide des résultats de pH donne déjà une idée de l'hétérogénéité de ces sols.

Il nous a été toutefois possible de mettre en évidence quelques caractéristiques assez constantes :

- a) Une activité biologique globale légèrement au-dessous de la moyenne, mais supérieure à celle des Diors.
- b) Un coefficient de minéralisation du carbone plutôt faible, indiquant des réserves modestes en substances carbonées facilement fermentescibles.
- c) Une cellulolyse très active.
- d) Une excellente minéralisation de l'azote, expliquant bien la fertilité de ces sols.
- e) Une abondante microflore minéralisant le fer et le réduisant à l'état ferreux, sauf en bordures de niaye, où les conditions écologiques sont moins favorables à ce groupe de bactériés.

D'autres caractéristiques moins constantes, mais cependant importantes, découlent de l'observation du tableau VI. Ce sont :

- α) Une densité non négligeable d'*Azotobacter chroococcum*, au moins à la périphérie des niayes, car le pH y est assez élevé.
- β) Une densité élevée de germes nitreux, sauf dans un cas (échantillon CV 7).

Si les sols de niayes se rapprochent des sols Dior par certaines particularités (dégagement de CO<sub>2</sub> plutôt faible et minéralisation de l'azote très activée), ils s'en différencient très nettement par la présence d'*Azotobacter chroococcum*, le taux de saccharase plus élevé et surtout la grande richesse en bactéries réduisant le fer ferrique en fer ferreux.

C'est ce dernier caractère qui constitue le lien le plus important existant entre les sols de niayes et les sols noirs, qui appartiennent également au groupe des sols hydromorphes.

### 7) Sols noirs hydromorphes

Ces sols à hydromorphie partielle de surface, due non pas à des conditions topographiques mais pétrographiques (ils dérivent de calcaires ou de marnes), sont difficiles à cultiver en raison de leurs propriétés physiques particulières résultant d'une teneur en argile élevée.

Pourtant l'analyse bactériologique, comme l'analyse chimique, prouve qu'il s'agit de sols d'une qualité exceptionnelle. Parmi les échantillons décrits au tableau VII, il y a lieu de distinguer les argiles noires typiques, acides, des sols de transition non typiques contenant souvent du calcaire et dont le pH dépasse toujours 7 unités.

Par leur dégagement de  $\text{CO}_2$  important, les sols noirs hydromorphes se classent incontestablement parmi les sols à acidité globale élevée. Les différents groupements physiologiques de microorganismes y sont très actifs qu'il s'agisse de germes intervenant dans le cycle du carbone, dans celui de l'azote ou du fer.

Les caractéristiques les plus importantes sont les suivantes :

- a) Dégagement de  $\text{CO}_2$  élevé, mais coefficient de minéralisation du carbone moyen.
- b) Taux de saccharase exceptionnellement important.
- c) Cellulolyse intense.
- d) Nitrification et ammonification excellentes : densité des germes nitreux élevée, coefficient de minéralisation de l'azote élevé.
- e) Très abondante microflore minéralisant le fer et le réduisant à l'état ferreux.

Les sols noirs de transition se différencient des sols typiques par une minéralisation de l'azote moins poussée, l'absence totale de *Beijerinckia indica*, une plus grande richesse moyenne en *Azotobacter chroococcum*, une microflore réduisant le fer à l'état ferreux sensiblement moins abondante.

Le sol rendziniforme étudié au § 3 se rapproche des sols noirs par son taux de saccharase élevé, mais en diffère considérablement par une minéralisation de l'azote déficiente et une faible densité de germes minéralisant et réduisant le fer.

### C. ÉTUDE DES CRITÈRES BIOLOGIQUES

Dans cette étude, certains critères apparaissent particulièrement favorables à la caractérisation des types pédologiques. Nous examinerons successivement les numérations bactériennes, les dosages d'enzymes et les dosages bio-chimique.

#### 1) DENSITÉ DES GERMES FIXATEURS D'AZOTE EN AÉROBIOSE

Si, du point de vue agronomique, la numération des *Azotobacter* ou des *Beijerinckia* est souvent décevante, elle peut présenter une certaine valeur pour le genre de recherches, que nous développons ici. Les sols de la presqu'île peuvent se classer à ce point de vue en trois groupes :

- a) Sols toujours bien pourvus en *Azotobacter chroococcum* :
  - Sols noirs hydromorphes de transition.
  - Sols de bordure de niaves.
  - Sols rendziniformes.
  - Dunes stabilisées faiblement évoluées.
- b) Sols irrégulièrement pourvus en *Azotobacter chroococcum* :
  - Sols de niaves typiques.
  - Sols noirs hydromorphes typiques.
  - Dunes vives.
- c) Sols totalement dépourvus en *Azotobacter chroococcum* :
  - Sols Dior.
  - Sols salés.

Notons, en outre, qu'on ne rencontre le *Beijerinckia* sp. qu'exceptionnellement dans quelques sols noirs hydromorphes typiques de la presqu'île du Cap Vert.

## 2) DENSITÉ DES GERMES CELLULOLYTIQUES

La détermination de la densité des bactéries cellulolytiques ne peut être considérée que comme un critère accessoire aussi bien dans le domaine des recherches agronomiques que dans celui de la classification des sols.

Il nous a été toutefois possible d'envisager la répartition des sols de la presqu'île en trois groupes :

- a) Sols à cellulolyse très active :
  - Sols de dunes faiblement évolués (M'Bao).
  - Sols de niayes.
  - Sols noirs hydromorphes.
- b) Sols à cellulolyse moyenne :
  - Sols minéraux bruts (dunes reboisées de Malika).
  - Sols rendziniiformes.
  - Sols Dior.
- c) Sols à cellulolyse médiocre :
  - Sols minéraux bruts (dunes vives de Malika).
  - Sols salés.

## 3) DENSITÉ DES GERMES NITREUX

Cette caractéristique, parfois intéressante pour l'agronome, est, pour le prospecteur, d'une valeur très discutable en raison de la grande variabilité de la densité de ces bactéries, notamment dans certains types de sol.

Si les sols noirs hydromorphes et les zones périphériques des niayes apparaissent toujours bien pourvus en bactéries nitreuses, les sols Dior, les sols de niayes typiques, présentent des variations très grandes.

## 4) DENSITÉ DES BACTÉRIES MINÉRALISANT LE FER ORGANIQUE ET DES BACTÉRIES LE RÉDUISANT A L'ÉTAT FERREUX

La détermination de la densité de ces deux groupements physiologiques de bactéries s'est révélée comme particulièrement importante pour la discrimination des types pédologiques.

La densité des bactéries réduisant le fer à l'état ferreux constitue un critère de choix pour la mise en évidence des sols à hydromorphie prononcée. C'est ainsi que, dans la presqu'île, il est aisé de distinguer les sols hydromorphes (sols noirs ou sols de niayes) des autres catégories où les phénomènes de réduction de fer sont peu parqués.

## 5) DENSITÉ DES BACTÉRIES RÉDUISANT LES COMPOSÉS SOUFRÉS A L'ÉTAT DE SULFURES

Il est encore trop tôt pour émettre une opinion définitive sur la valeur des numérations de bactéries réduisant les composés soufrés à l'état de sulfures, car les causes de variation de leur densité sont complexes et mal élucidées. Nous nous bornerons à constater qu'il n'existe dans la presqu'île du Cap Vert que deux types de sols nettement pauvres en bactéries de ce groupe : ce sont les sols minéraux bruts et les sols salés.

## 6) TAUX DE SACCHARASE

L'interprétation agronomique de ce taux est assez confuse. Les nombreuses déterminations, que nous avons faites dans ce domaine, ne nous ont pas encore permis de préciser la signification

réelle de ce chiffre. Mais il faut reconnaître que, pour la caractérisation des sols, c'est une donnée particulièrement sûre qui permet de classer facilement les différents types.

Les sols étudiés ici se répartissent comme suit :

- a) Sols à taux de saccharase très élevé :
  - Sols noirs hydromorphes (exceptionnellement élevé).
  - Sol rendziniforme.
- b) Sols à taux de saccharase élevé :
  - Sols de niayes.
  - Sols de dune faiblement évolués.
- c) Sols à taux de saccharase moyen :
  - Sols Dior.
- d) Sols à taux de saccharase faible :
  - Sols minéraux bruts.
  - Sols salés.

Nous n'avons pas dosé l'uréase dans les sols étudiés ici ; mais nous pensons que ce dosage devrait rendre autant de services que celui de la saccharase.

#### 7) DÉGAGEMENT DE GAZ CARBONIQUE ET COEFFICIENT DE MINÉRALISATION DU CARBONE

On admet que le niveau de l'activité globale du sol est défini de façon assez précise par le dégagement de gaz carbonique (15). Ce dégagement, qui résulte de la combustion par voie biologique de la matière organique du sol, est fonction de différents facteurs, en particulier de la composition minérale du sol et surtout de l'importance relative de ses réserves en substances facilement fermentescibles, du type cellulose ou hémicellulose. La détermination du dégagement de  $\text{CO}_2$  permet de classer aisément les sols ; aussi l'effectuons-nous régulièrement dans notre laboratoire.

Nous avons montré récemment (6) que, pour caractériser les sols, il pouvait être préférable de mettre en évidence un coefficient de minéralisation du carbone, qui n'est autre que le pourcentage de carbone minéralisable sous forme de  $\text{CO}_2$  au cours d'une incubation d'une semaine à  $30^\circ \text{C}$ .

Si l'on combine les deux critères, on peut distinguer dans le cas de la presque île du Cap Vert :

- a) Le groupe des sols à coefficient de minéralisation exceptionnellement élevé (supérieur à 4)
  - Deux sous-groupes :
    - $a_1$ ) Sols à dégagement de  $\text{CO}_2$  moyen
      - Sols dunaires peu évolués (dunes stabilisées de M'Bao)
    - $a_2$ ) Sols à dégagement de  $\text{CO}_2$  faible ou très faible
      - Sols minéraux bruts (dunes de Malika).
- b) Le groupe des sols à coefficient de minéralisation moyen (1 à 1,5)
  - Deux sous-groupes :
    - $b_1$ ) Sols à dégagement de  $\text{CO}_2$  très élevé
      - Sols noirs hydromorphes.
    - $b_2$ ) Sols à dégagement de  $\text{CO}_2$  faible
      - Sols Dior.

c) Le groupe des sols à coefficient de minéralisation faible (inférieur à 1)

Deux sous-groupes :

c<sub>1</sub>) Sols à dégagement de CO<sub>2</sub> moyen

Sols rendziniiformes

Sols de Niayes.

c<sub>2</sub>) Sols à faible dégagement de CO<sub>2</sub>

Sols saléss.

#### 8) L'AZOTE MINÉRALISABLE ET LE COEFFICIENT DE MINÉRALISATION DE L'AZOTE

Bien que critiquables sur le plan théorique, en raison de leur caractère artificiel et conventionnel, ces deux données n'en offrent pas moins un réel intérêt sur le plan pratique.

S'il est inutile de rappeler en quoi consiste la détermination de l'azote minéralisable, qui est désormais classique (9), il paraît nécessaire de donner à nouveau la définition du coefficient de minéralisation de l'azote qui est moins connue : c'est le pourcentage d'azote total se minéralisant après une incubation de vingt-huit jours dans des conditions bien définies de température, d'humidité et d'aération (7).

Pour la caractérisation des types pédologiques, le coefficient de minéralisation de l'azote semble en général préférable au chiffre brut du taux d'azote minéralisable.

Nous n'avons pu malheureusement établir ce coefficient que pour quelques types de sols. Mais l'examen des résultats figurant au tableau I en montre la valeur indiscutable, non seulement sur le plan de la classification pédologique, mais aussi sur le plan agronomique. Cette donnée est en effet la seule qui puisse expliquer correctement la fertilité relative des sols Dior, alors que l'analyse chimique tend à les classer parmi les sols improductifs.

*Remarque générale.* — Les caractéristiques biologiques subissent bien entendu des variations saisonnières ; aussi doit-on en tenir compte pour l'établissement de la classification pédologique. Notons toutefois que l'amplitude de ces variations est toujours peu importante à côté des différences existant entre des types de sols même assez voisins.

#### D. CONCLUSION : CHOIX DES CRITÈRES BIOLOGIQUES POUR LA CARACTÉRISATION DES TYPES PÉDOLOGIQUES

Si la présente étude apparaît au premier abord comme une monographie des paysages bactériens de la presqu'île du Cap Vert, elle apporte en définitive la preuve que les méthodes biologiques peuvent compléter de façon très heureuse les résultats analytiques fournis par les méthodes traditionnelles.

Mais quelles sont, parmi les techniques proposées ici, celles qui présentent le plus d'intérêt ?

Il faut retenir en premier lieu les numérations de *Beijerinckia* sp., d'*Azotobacter*, de cellulolytiques et, aussi, les numérations des bactéries du cycle du fer. Il est également recommandé d'effectuer certains dosages d'enzymes, saccharase et uréase en particulier.

Quant aux dosages de CO<sub>2</sub> et d'azote minéralisable, il y a lieu de les faire systématiquement, non seulement parce qu'ils se prêtent très bien à l'analyse de série, mais aussi parce qu'ils permettent de caractériser, facilement et avec une précision suffisante, les phénomènes de minéralisation dans le sol.

Centre de pédologie de Hann-Dakar.

## RÉSULTATS ANALYTIQUES

Le tableau I ci-dessous constitue une récapitulation des résultats analytiques détaillés, qui figurent aux tableaux II, III, IV, V, VI.

La nature des déterminations a été désignée par les abréviations suivantes :

- 1) *Azotobacter chrooc.* Densité des *Azotobacter chroococcum* exprimée en nombre de microcolonies par gramme de sol.
- 2) *Beijerinckia* sp. Densité des *Beijerinckia* sp. exprimée en nombre de microcolonies par gramme de sol.
- 3) Cellulolytiques. Densité des germes cellulolytiques exprimée en nombre de microcolonies par gramme de sol.
- 4) Nitreux. Densité de bactéries nitreuses exprimée en nombre de microcolonies par gramme de sol.
- 5) N minéral. Azote minéral (N ammoniacal + N nitrique) exprimé en mg pour 100 g de sol.
- 6) N minéralisable. Azote minéralisé (N ammoniacal + N nitrique) en vingt-huit jours à 30° C exprimé en mg pour 100 g de sol.
- 7) N total p. mille. Azote total pour mille.
- 8) N minéralisable/N total. Coefficient de minéralisation de l'azote.
- 9) Saccharase. Taux de saccharase 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 sol.
- 10) CO<sub>2</sub>. Dégagement de CO<sub>2</sub> en sept jours exprimé en mg de CO<sub>2</sub> pour 100 g de sol.
- 11) C. p. mille. Carbone total pour mille.
- 12) C — CO<sub>2</sub>/C. Coefficient de minéralisation du carbone.
- 13) Sulfato-réducteurs. Densité au vingt-huitième jour de la microflore responsable de la réduction des composés soufrés en sulfures exprimée en nombre de bactéries par gramme de sol.
- 14) Microflore Fe<sup>+++</sup>. Densité au quatorzième jour des bactéries minéralisant le fer organique en fer ferrique exprimée en nombre de bactéries par gramme de sol.
- 15) Microflore Fe<sup>++</sup>. Densité au quatorzième jour des bactéries réduisant le fer ferrique à l'état de fer ferreux, exprimée en nombre de bactéries par gramme de sol.
- 16) CE mho-cm. Conductivité électrique exprimée en mho-cm ramenée à 25° C.
- 17) pH. pH déterminé sur pâte de sol.

TABLEAU I

RÉCAPITULATION DES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DES PRINCIPAUX TYPES DE SOLS DE LA PRESQU'ÎLE DU CAP VERT

Classes de sol	I. Sols minéraux bruts		II. Sols peu évolués	III. Sols calcimorphes	VII. Sols à hydroxydes individualisés
	Dunes vives de Malika	Dunes reboisées de Malika	Dunes stabilisées de M'Bao	Sols rendzini-formes de Bargny	Sols ferrugineux tropicaux non lessivés : Dior de Bambilor et de Pout
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	=	++	++	++	0
<i>Beijerinckia</i> sp. ....	0	0	0	0	0
Cellulolytiques .....	=	++	+++	++	++
Nitreux .....	0	++	++	++	+ à +++
N minéralisable .....	=	+	+++	=	++
N minéralisable/N total .....	=	+	+++	=	+++
Saccharase .....	=	+	+++	++++	++
CO <sub>2</sub> .....	=	+	++	++	+
C — CO <sub>2</sub> /C .....	++++	+++	+++	+	++
Microflore Fe <sup>+++</sup> .....		+		++	+
Microflore Fe <sup>++</sup> .....		=		+	=
pH .....	8,3	8,0	7,0	8,0	5,5

IV. B. — Signification des signes employés :

0	valeur moyenne nulle
=	très faible
+	faible
++	moyenne
+++	élevée
++++	très élevée
+++++	exceptionnellement élevée.



TABLEAU I (suite)

Classes de sol	VIII Sols halomorphes		IX. Sols hydromorphes			
	Types de sols représentés dans la presqu'île	Sols salés de Bargny	Sols de niayes typiques	Sols de bordure de niayes faiblement hydromorphes	Sols noirs hydromorphes typiques (argiles noires tropicales)	Sols noirs hydromorphes de transition (souvent calcaires)
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	0	0 à ++	++	++	0 à ++	+ à +++
<i>Beijerinckia</i> .....	0	0	0	0	parfois =	0
Cellulolytiques .....	=	+++	+++	+++	++	+++
Nitreux .....	0	0 à +++	+++	+++	++	+++
N minéralisable .....	=	++	++	++	+++	0 à ++
N minéralisable/N total ..	+	+++	+++	+++	+++	0 à ++
Saccharase .....	+	+++	+++	+++	+++	+++
CO <sub>2</sub> .....	=	++	++	++	+++	+++
C — CO <sub>2</sub> /C .....	+	+	+	+	++ à +++	++
Microflore Fe <sup>+++</sup> .....	+	+++	+++	+++	+++	+++
Microflore Fe <sup>++</sup> .....	=	+++	+++	+++	+++	+++
pH .....	7,6	5,4 à 7,5	8,0	8,0	6,5	7 à 8

N. B. — Signification des signes employés :

0	—	valeur moyenne nulle
=	—	très faible
+	—	faible
++	—	moyenne
+++	—	élevée
++++	—	très élevée
+++++	—	exceptionnellement élevée.

TABLEAU II

SOLS DUNAIRE. JUILLET 1957

Situation. Végétation	Sols éoliens bruts		Sols éoliens faiblement évolués	
	Dunes vives de Malika	Dunes reboisées de Malika	Dunes stabilisées de M'Bao	
	Reboisées en filaos	Reboisées en Cassia		
N° de l'échantillon	MK 1, 2, 7	MK 4, 5, 6	MK 8 à 16	MK 9 à 17
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	10	710	395	57
Cellulolytiques .....	170	733	1.940	2.410
Nitreux .....	20	530	1.180	1.272
N minéral .....	0	0	0	0
N minéralisable .....	0,1	1,0	2,4	4,6
Saccharase .....	12	56	381	234
CO <sub>2</sub> .....	5	17	57	55
C p. mille .....	0,08	1,07	2,44	2,03
C — CO <sub>2</sub> /C .....	18,2	4,5	6,4	7,4
Sulfato-réducteurs .....	—	1.500	—	—
Microflore Fe <sup>+++</sup> .....	—	400	—	—
Microflore Fe <sup>++</sup> .....	—	90	—	—
pH .....	8,3	8,0	6,7	7,1

TABLEAU III

SOLS RENDZINIFORMES. DÉCEMBRE 1958

Situation. Végétation	2 km est de Bargny, Culture de sorgho
N° de l'échantillon	CV 13
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	100
Cellulolytiques .....	520
Nitreux .....	80
N minéral .....	0,9
N minéralisable .....	0,3
N total p. mille .....	1,51
N minéralisable/N total .....	0,2
Saccharase .....	596
CO <sub>2</sub> .....	42
C p. mille .....	14,51
C — CO <sub>2</sub> /C .....	0,8
Sulfato-réducteurs .....	17.000
Microflore Fe <sup>+++</sup> .....	25.000
Microflore Fe <sup>++</sup> .....	800
CE 25 Mho-cm .....	209
pH .....	8,0

TABLEAU IV

SOLS DIOR SUR SABLE. DÉCEMBRE 1958

Situation. Végétation	Gorom. Culture de mil	Pout. Culture d'arachide
N° de l'échantillon	CV 6	CV 1
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	0	0
Cellulolytiques .....	1.510	700
Nitreux .....	1.180	60
N minéral .....	0,3	0,7
N minéralisable .....	1,8	1,4
N total p. mille .....	0,27	0,27
N minéralisable/N t. ....	6,7	5,2
Saccharase .....	163	155
CO <sub>2</sub> .....	18	7
C p. mille .....	3,17	2,36
C — CO <sub>2</sub> /C .....	1,5	0,8
Sulfato-réducteurs .....	31.000	165.000
Microflore F <sup>+++</sup> .....	37.000	35.000
Microflore Fe <sup>++</sup> .....	250	170
CE 25 Mho-cm .....	25	27
pH .....	5,8	5,0

TABLEAU V

SOLS SALÉS. DÉCEMBRE 1958

Situation. Végétation	1 km à l'ouest de Bargny. Végétation <i>Arthrocnemum</i> <i>pachystachyum</i>	Lac Tamna. Végétation <i>Chara</i> sp.	Lac Tamna. Végétation <i>Chara</i> sp
N° de l'échantillon	CV 9	TA 11	TA 21
<i>Azotobacter chrooc.</i> .....	0	0	0
Cellulolytiques .....	50	240	190
Nitreux .....	5	0	1
N minéral .....	0,1	—	—
N minéralisable .....	0,5	—	—
N total p. mille .....	0,35	—	—
N minéralisable/N total .....	1,4	—	—
Saccharase .....	50	140	220
CO <sub>2</sub> .....	9	—	—
C p. mille .....	5,45	—	—
C — CO <sub>2</sub> /C .....	0,5	—	—
Sulfato-réducteurs .....	3.500	—	—
Microflore Fe <sup>+++</sup> .....	2.100	—	—
Microflore Fe <sup>++</sup> .....	425	—	—
CE 25 Mho-cm .....	10.700	—	—
pH .....	7,6	—	—

TABLEAU VI  
SOLS DE NIAYES. DÉCEMBRE 1958

Situation. Végétation	Sols de niayes typiques				Sols de bordure de niayes faiblement hydromorphes	
	La Digue. Culture pomme de terre	La Digue. Sous Phragmites	Sangalkham sous <i>Elaeis</i>	Km 12 route Dakar. Culture chou	Khayar. Culture chou	Km 12 Route Dakar. Culture chou
N° de l'échantillon	CV 4	CV 5	CV 7	CV 11	CV 3	CV 12
<i>Azotobacter chrooc.</i> . . . . .	20	720	0	30	400	660
Cellulolytiques . . . . .	3.340	1.680	2.650	2.650	220	3.360
Nitreux . . . . .	1.660	1.420	4	2.350	2.000	1.860
N minéral . . . . .	1,1	0,3	0,6	1,2	2,9	4,0
N minéralisable . . . . .	1,6	1,3	1,6	2,2	1,5	1,8
N total pour mille . . . . .	0,36	0,53	0,74	1,10	0,31	0,67
N minéralisable/N total . . . . .	4,4	2,5	2,2	2,0	4,8	2,7
Saccharase . . . . .	171	91	335	195	50	115
CO <sub>2</sub> . . . . .	10	18	21	24	21	22
C. p. mille . . . . .	4,15	6,68	9,68	12,67	3,30	7,76
C — CO <sub>2</sub> /C . . . . .	0,6	0,7	0,6	0,5	1,7	0,8
Sulfato-réducteurs . . . . .	210.000	52.000	82.000	575.000	42.000	52.000
Microflore Fe <sup>+++</sup> . . . . .	90.000	30.000	1.900.000	365.000	17.000	11.000
Microflore Fe <sup>++</sup> . . . . .	17.000	25.000	105.000	57.000	1.450	5.000
CE 25 Mho-cm . . . . .	64	505	40	229	600	480
pH . . . . .	5,9	7,5	5,6	5,4	8,0	8,0

TABLEAU VII  
SOLS NOIRS HYDROMORPHES (ARGILES NOIRES TROPICALES). DÉCEMBRE 1958

Situation. Végétation	Sols noirs hydromorphes typiques		Sols noirs de transition				
	Pout. Culture tomates	Km 40. Route Dakar. Végétation : <i>Adansonia, Acacia Seyal, Dichrostachys</i> , etc.	4 km est Bargny, Sol évolué sous l'influence des cultures	Km 34. Route Dakar. Végétation : <i>Adansonia, Acacia Seyal, Dichrostachys</i> , etc.	2 km est de Rufisque. Culture de sorgho	2 km est Bargny. Culture tomates et sorgho	Montagne de Thies. Eboulis de pente
N° de l'échantillon	CV 2	CV 16	CV 14	CV 15	CV 8	CV 10	TH
<i>Azotobacter chrooc.</i> . . . . .	730	0	450	170	1.830	1.390	240
<i>Beijerinckia indica</i> . . . . .	0	20	0	0	0	0	0
Cellulolytiques . . . . .	4.030	2.350	1.150	490	2.110	2.370	1.520
Nitreux . . . . .	3.430	2.400	1.170	600	1.540	650	3.150
N minéral . . . . .	3,9	0,8	0,6	0,8	1,0	1,6	2,6
N minéralisable . . . . .	6,5	3,4	0,4	0	1,2	1,4	2,1
N total p. mille . . . . .	1,60	1,90	0,68	0,84	1,53	1,01	3,16
N minéralisable/N total . . . . .	4,1	1,8	0,6	0	0,8	1,4	0,7
Saccharase . . . . .	989	1.218	688	872	1.483	822	1.030
CO <sub>2</sub> . . . . .	116	52	33	65	108	43	49
C. p. mille . . . . .	16,28	17,97	7,30	7,76	16,74	9,52	18,28
C — CO <sub>2</sub> /C . . . . .	1,9	0,8	1,2	2,3	1,8	1,2	0,7
Sulfato-réducteurs . . . . .	280.000	350.000	—	—	50.000	25.000	68.000
Microflore Fe <sup>+++</sup> . . . . .	165.000	4.250.000	190.000	425.000	2.400.000	375.000	130.000
Microflore Fe <sup>++</sup> . . . . .	6.000	30.000	4.000	90.000	250.000	6.000	1.200
CE 25 Mho-cm . . . . .	165	98	49	91	145	137	—
pH . . . . .	6,7	6,2	7,6	7,6	7,7	8,0	7,0

**RÉSUMÉ.** — *Les tests biologiques peuvent compléter très heureusement les critères traditionnels servant de base aux classifications pédogénétiques.*

*Ces techniques biologiques ont été appliquées avec succès à la caractérisation de différents types pédologiques mis en évidence dans la presqu'île du Cap Vert.*

*L'expérience montre que, parmi les différentes déterminations envisagées, certaines sont particulièrement utiles : ce sont la densité des Azotobacter, la densité des bactéries intervenant dans le cycle du fer, le taux de saccharase, le coefficient de minéralisation du carbone et le coefficient de minéralisation de l'azote.*

**SUMMARY.** — *Biological tests can complete quite successfully traditional criteria which are the basis of pedogenetical classifications.*

*The biological techniques were applied successfully to the characterization of different pedological types displayed in the Cape Verde peninsula.*

*Experience shows that, among the different determinations considered, some are particularly useful : namely Azotobacter density, the density of the bacteria playing a part in the iron cycle, saccharase value, mineralization factor of carbon and mineralization factor of nitrogen.*

**RESUMEN.** — *El test biológico puede completar de modo muy eficaz los criterios tradicionales en los cuales se basan las clasificaciones pedogenéticas.*

*Esta técnica biológica ha sido aplicada a la caracterización de los diferentes tipos pedológicos evidenciados en la península de Cabo Verde.*

*La experiencia muestra que, entre las varias determinaciones examinadas, algunas son muy útiles : la densidad de los Azotobacter, la densidad de las bacterias que intervienen en el ciclo del hierro, el contenido de sacarasa, el coeficiente de mineralización del carbono y el coeficiente de mineralización del nitrógeno.*

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALLEN (O. N.), 1953. — Experiments in soil bacteriology. Burgess Publishing Co, Minneapolis, Minnesota.
- 2) AUBERT (G.), 1958. — Classification des sols. Analyse de livres, brochures et articles à l'intention des Pédologues de l'ORSTOM, VIII, 2, p. 1-3.
- 3) BRUNEL (A.), 1948. — Traité pratique de Chimie Végétale. Georges frères, Tourcoing.
- 4) DOMMERGUES (Y.), 1956. — La numération des ferro-bactéries. Communication III. 78, Sixième Congrès international de la Science du sol. Paris, Volume A.
- 5) DOMMERGUES (Y.) et MAHEUT (J.), 1959. — La fixation par le reboisement des dunes de la presqu'île du Cap Vert. *Bois et Forêts des Tropiques*, 63, p. 3-16.
- 6) DOMMERGUES (Y.), 1959. — La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols *L'Agronomie Tropicale*, 1960 (janv.-fév.), p. 54-60.
- 7) DROUINEAU (G.) et LEFEVRE (G.), 1949. Première contribution à l'étude de l'azote minéralisable dans les sols. *Annales Agronomiques*, 9, p. 518-36.
- 8) DUCHAUFOUR (P.), 1956. — Pédologie. Applications forestières et agricoles. Ecole nationale des Eaux et Forêts, Nancy.
- 9) HARMSEN (G. W.) et VAN SCHREVEN (D. A.), 1955. — Minéralization of organic Nitrogen in soil. *Advances in Agronomy*, VII, p. 299-398.
- 10) HOFMANN (E.), SEEGERER (A.), 1951. — Über das Enzym system unserer Kulturböden (saccharase). *Biochemische Zeitschrift*, 322, p. 174-9.
- 11) MAIGNIEN (R.), 1959. — Carte pédologique de la presqu'île du Cap Vert. Trois coupures au 1/500 000<sup>e</sup>. ORSTOM Paris (à paraître).
- 12) MOUREAUX (C.), 1957. — Tests biochimiques de l'activité biologique de quelques sols malgaches. *Mém. Inst. Sci. Madag.*, série D, VIII, p. 225-41.
- 13) POCHON (J.), 1954. — Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. Masson, Paris.
- 14) POCHON (J.), de BARJAC (H.), 1955. — Appréciation de la microflore anaérobie active sur le soufre organique *Ann. Inst. Pasteur*, 89, p. 591-3.
- 15) POCHON (J.), de BARJAC (H.), 1958. Traité de microbiologie des sols. Dunod, Paris.
- 16) UNITED STATES SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. — Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook N° 60. United States Department of Agriculture.