

## MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série D — Tome VIII — 1957

TESTS BIOCHIMIQUES DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE  
DE QUELQUES SOLS MALGACHES

par

Cl. MOUREAUX

## SOMMAIRE

I. — GÉNÉRALITÉS SUR TROIS INDICES D'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE GLOBALE  
DES SOLS.

1. Respiration du sol.
2. Pouvoir enzymatique.
3. Indice d'utilisation du glucose.

## II. — APPLICATION A QUELQUES SOLS MALGACHES.

1. Sols des environs de Tananarive (Sud).
2. Sols des environs d'Ambohimanga.
3. Sols salés de la région de Tuléar.
4. Sols de rizière (Nord de Tananarive).
5. Sols de l'Ankaratra.

## BIBLIOGRAPHIE.

I. — GÉNÉRALITÉS SUR TROIS INDICES D'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE  
GLOBALE DES SOLS

Les méthodes permettant l'appréciation de l'activité biologique globale des sols sont peu nombreuses. Cette activité est fonction du nombre des microorganismes présents ; sans être proportionnelle à l'abondance de la microflore, puisque beaucoup de germes peuvent n'être présents qu'à l'état de vie latente, on peut dire qu'elle varie dans le même sens (6).

Pendant longtemps, la méthode la plus couramment employée a été la numération sur milieu gélosé ou par microscopie directe des germes du sol : Bactéries, Actinomycètes et Champignons ; mais ces numérations sont délicates et donnent des résultats très variables selon les techniques employées (milieux nutritifs, fragmentation des articles mycéliens, etc...). De plus l'incertitude reste entière quant à l'activité plus ou moins grande dans le sol des germes dénombrés.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

1174 I

11 JAN 1957

## 1. RESPIRATION DU SOL

Au contraire, une mesure comme celle de l'intensité de la respiration du sol (gaz carbonique dégagé) peut être considérée comme intégrant l'activité de tous les germes du sol. J. POCHON (6) considère que le gaz carbonique dégagé est un bon test de l'activité biologique du sol, mais malheureusement délicat à mesurer ; WAKSMAN (7), de son côté, estime que dans la décomposition des résidus végétaux et animaux par les microorganismes du sol, la majeure partie du carbone est libérée sous forme de  $\text{CO}_2$  et que, par conséquent, le dégagement de ce gaz peut être pris comme une mesure de l'intensité des processus de décomposition. Il est certain que dans le cas de mesure sur le sol en place, au gaz carbonique résultant directement de la respiration bactérienne, s'ajoutent celui dégagé par la respiration végétale et une faible quantité issue d'oxydations purement chimiques. D'après LUNDEGARDH (5) environ 85 % du  $\text{CO}_2$  dégagé du sol résulte de l'activité des microorganismes et 15 % de la respiration des racines.

La mesure *in vitro*, sur sol tamisé à 1 mm, élimine pratiquement les racines, et, en conséquence, on ne doit commettre qu'une faible erreur en considérant le gaz carbonique dégagé comme se rapportant à la respiration de la microflore du sol.

La corrélation nette observée par JENSEN (4) entre le dégagement de  $\text{CO}_2$  et le nombre de microorganismes, après addition de matières organiques facilement décomposables, confirme la liaison entre l'activité biologique globale et le dégagement de  $\text{CO}_2$  ; en effet, dans ce cas particulier, les germes à l'état de vie latente ne sont plus qu'en nombre infime par rapport à la flore zymogène dont le développement présente un caractère explosif. Au contraire, lorsqu'il s'agit de la microflore autochtone du sol, non seulement la respiration moyenne rapportée au germe est peu active, mais encore la corrélation est faible entre le nombre de germes et le dégagement de  $\text{CO}_2$  (à cause des germes à l'état de vie latente).

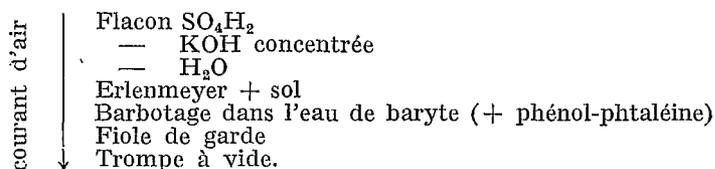
C'est donc seulement dans le cas de la flore zymogène qu'il devrait y avoir corrélation entre les numérations microbiennes, l'activité biologique globale et la respiration, tandis que l'on peut considérer comme générale la corrélation entre l'activité globale du sol et la respiration.

Nous considérons donc la mesure du  $\text{CO}_2$  dégagé comme la meilleure méthode de mesure de l'activité globale du sol à laquelle il conviendra de comparer tout nouveau test. Des variations parallèles entre le  $\text{CO}_2$  dégagé et la valeur d'un test d'activité globale pour la majorité des échantillons, seront considérées comme confirmant la valeur de ce dernier ; on ne peut cependant pas exiger un parallélisme constant, parce que la mesure du dégagement de  $\text{CO}_2$  peut être faussée dans certains cas : échantillon organique s'oxydant activement par voie chimique au cours de la mesure, par exemple. D'autre part, les différences de biologie des divers sols peuvent entraîner des divergences entre la respiration et tel autre phénomène biologique

auquel un nouveau test fera appel. La comparaison des divers résultats sera donc susceptible d'éclairer la microbiologie des sols.

*Technique de la mesure du gaz carbonique dégagé.*

La mesure est réalisée sur 20 g de sol tamisé à 1 mm, humidifié à l'humidité équivalente dans des erlenmeyers de 300 cm<sup>3</sup>. Les bouchons à deux trous des erlenmeyers permettent le passage d'un courant d'air privé de CO<sub>2</sub>, avant de balayer le sol. Le CO<sub>2</sub> préexistant est éliminé en début d'expérience, puis les sols sont placés en étuve obscure à 30° pendant un temps donné. On dose alors le CO<sub>2</sub> dégagé par barbotage dans de l'eau de baryte titrée, l'erlenmeyer contenant le sol étant inclus dans le montage suivant :



L'eau de baryte est titrée avant chaque série de mesures. Après barbotage du CO<sub>2</sub> à travers l'eau de baryte (dans des barboteurs à verre fritté assurant une fixation complète par un barbotage unique), le nouveau titre de la baryte hydratée est déterminé par SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> N/20.

Chaque cm<sup>3</sup> de SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> N/20, représentant la variation du titre de l'eau de baryte, correspond à 1,1 mg de CO<sub>2</sub>.

On titre une partie aliquote de l'eau de baryte après décantation du carbonate de baryum.

## 2. POUVOIR ENZYMATIQUE

La mesure de la respiration du sol s'étant avérée assez délicate par le nombre de manipulations qu'elle entraîne, nous avons été amené à adopter, depuis bientôt 2 ans, la mesure du pouvoir enzymatique (saccharase) du sol, assez utilisée en Allemagne et mise au point par HOFMANN (2). Le principe en est le suivant :

L'enzyme saccharase contenu dans un grand nombre de microorganismes du sol (dans la plupart des champignons inférieurs, en particulier) dédouble le saccharose ajouté au sol en sucres réducteurs que l'on titre à la liqueur de Fehling ; on peut admettre que l'activité microbienne est en relation avec la quantité de sucres réducteurs dosés en fin d'expérience.

*Technique*

Mettre 20 g de sol, tamisé à 1 mm, en erlenmeyer de 300 cm<sup>3</sup> avec 2,5 cm<sup>3</sup> de toluène.

Attendre 15 minutes.

Ajouter 10 cm<sup>3</sup> de tampon pH 5,5 (acide acétique, phosphate disodique).

Ajouter 10 cm<sup>3</sup> d'une solution de saccharose à 20 %.

Mettre 23 h à l'étuve à 37° après avoir bien homogénéisé.

Après 23 h, ajouter 80 cm<sup>3</sup> d'eau distillée à 37°.

Remettre 1 h à l'étuve. Filtrer.

Prélever 10 cm<sup>3</sup> du filtrat clair.

Ajouter exactement 5 cm<sup>3</sup> de liqueur de Fehling (mélanger exactement 1/2 Fehling A et 1/2 Fehling B) et environ 5 cm<sup>3</sup> d'eau distillée.

Porter jusqu'à l'ébullition commençante.

Ajouter 5 cm<sup>3</sup> SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> 1/5 (sans précision) et 5 cm<sup>3</sup> d'iodure de potassium à 20 % (sans précision).

Enfin ajouter 5 cm<sup>3</sup> d'une solution d'amidon (sans précision) (300 mg dans 100 cm<sup>3</sup> d'eau bouillante).

Titrer à l'hyposulfite N/10 jusqu'à disparition de la couleur bleue (la teinte passe au blanc).

#### Solutions :

Fehling A 69,278 g CuSO<sub>4</sub>, 5 H<sub>2</sub>O par litre.

Fehling B 246 g sel de Seignette (tartrate double) } par  
250 g KOH } litre

Hyposulfite N/10 24,83 g par litre.

#### Tampon :

C/ PO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>H, 2 H<sub>2</sub>O : 5,935 g p. l. } Mettre environ 720 cm<sup>3</sup> de C  
(ou PO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>H, 12 H<sub>2</sub>O) : 11,941 g p. l. } et 280 de D.  
D/ Acide acétique N/10 : 6 g p. l. } Ajuster à pH 5,5.

#### Étalonnage :

Si pour 10 cm<sup>3</sup> de Fehling (F) (5 A et 5 B) il faut  $y$  cm<sup>3</sup> d'hyposulfite (H) et si pour 20 mg de glucose avec 10 cm<sup>3</sup> F, il faut  $x$  cm<sup>3</sup> H :

$$1 \text{ cc F} = \frac{2y}{y-x} \text{ mg glucose.}$$

Si, dans le cas du sol, on utilise 5 cm<sup>3</sup> F (2,5 A + 2,5 B) et que l'on titre en retour avec  $z$  cm<sup>3</sup> H, on a pour le pouvoir enzymatique  $E_s$  :

$$E_s = \text{mg sucres réducteurs/g sol} = \frac{y}{y-x} \left(5 - z \frac{10}{y}\right)$$

$$E_s = a - bz$$

$a$  et  $b$  = constantes.

### 3. INDICE D'UTILISATION DU GLUCOSE

Bien que la détermination du pouvoir enzymatique saccharase puisse donner une évaluation assez satisfaisante de l'activité biologique globale,

il se trouve parfois des résultats aberrants : c'est ainsi que des sols latéritiques érodés à l'extrême peuvent accuser un pouvoir enzymatique élevé (sans qu'il s'agisse d'un dédoublement chimique du saccharose, au contact du sol, comme le montrent des témoins stérilisés à l'autoclave pour détruire les enzymes).

Comme nous le verrons plus loin aussi, le parallélisme n'a pas toujours lieu entre la respiration du sol et le pouvoir enzymatique pour des sols différents, ce qui implique qu'il existe, d'une part, des groupes biologiques incapables de dédoubler le saccharose et, d'autre part, des germes dont le pouvoir enzymatique saccharase peut être très fort relativement à leur respiration. Un indice de la rapidité d'utilisation du glucose par un sol donné nous a paru devoir fournir des indications intéressantes. En effet, un très grand nombre de germes étant capables d'utiliser le glucose, on peut déterminer leur abondance d'après la quantité du glucose consommé après 24 heures, par exemple. Aussi nous sommes-nous attaché à mettre au point une technique nous permettant d'utiliser l'indice consommation de glucose.

#### *Technique*

Mettre 20 g de sol tamisé à 1 mm dans des erlenmeyers de 300 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.

Mettre à l'étuve à 30° pendant 24 h (boucher les erlenmeyers par un bouchon à un trou).

Après 24 h, diluer le contenu de l'erlenmeyer avec 100 cm<sup>3</sup> d'eau distillée. Reprendre 25 cm<sup>3</sup> après filtration.

Titrer à la liqueur de Fehling (cf. p. 228).

Si on utilise 5 cm<sup>3</sup> de liqueur Fehling (F) et que :

$$1 \text{ cm}^3 \text{ F} = x \text{ mg glucose}$$

$$1 \text{ cm}^3 \text{ F} = y \text{ cm}^3 \text{ hyposulfite,}$$

$z$  cm<sup>3</sup> hyposulfite étant trouvés en retour, on a en mg de glucose consommé pour 20 g de sol :

$$I_g = 100 - 4,4 x \left( 5 - \frac{z}{y} \right)$$

Des courbes d'utilisation du glucose en fonction du temps, établies pour 6 sols, nous ont montré que l'utilisation complète avait généralement lieu vers le troisième jour. Si l'on fait varier la richesse du sol en glucose la proportion de glucose consommé après 24 h par rapport au glucose total ajouté au sol décroît rapidement de 1 à 10 ‰, plus lentement de 10 à 20 ‰; l'humidité de 50 % dans le sol, que nous avons adoptée, amène une consommation plus rapide qu'une humidité moindre et présente l'avantage d'un milieu plus homogène (il se forme des boules humides pour beaucoup de sols à 25 % d'humidité, alors que des zones restent plus sèches).

## II. — APPLICATION A QUELQUES SOLS MALGACHES

### 1. SOLS DES ENVIRONS DE TANANARIVE

Sur des sols prélevés en mars 1955, nous avons effectué parallèlement les trois tests précédemment décrits de l'activité biologique globale, dans le but particulier d'éprouver la valeur de l'indice d'utilisation du glucose qui venait d'être mis au point.

Les sols étaient les suivants, les prélèvements portant sur l'épaisseur 0-5 cm, à l'exception de TMA 12 (0-5 mm).

- TMA 1 Colluvion latéritique rouge, argilo-sableux fin. Plantation récente de Manioc et de Canne. Sol nu à 95 %.
- 2 Rizière en eau (10 cm). Sol jaune, argileux finement micacé ; fond de vallée. Riz de 40 cm de hauteur non encore épié.
  - 3 Sol palustre immergé (40 cm eau), brun-noir, à haute teneur organique (*Cyperus*).
  - 4 Culture sur terrasse aménagée de longue date sur colline à forte pente. Sol brun assez organique (fumure).
  - 5 Prairie sur sol latéritique à surface organique peu ou pas érodée.
  - 6 Rizière de pente. Sol très organique (humidité permanente par source proche).
  - 7 Rizière de vallée en eau. Sol brun-jaune, argileux, assez organique.
  - 8 Sol hydromorphe sur alluvions micacées de vallée. Maïs de 60 cm de hauteur.
  - 9 Sol hydromorphe sur alluvions à côté, maïs plantation plus récente de Maïs (7 cm de hauteur).
  - 10 Sol latéritique, jaune-ocre, sablo-argileux, érodé. Affleurement de zone de départ. Algues et Lichens en surface.
  - 11 Sol latéritique, argilo-sableux rouge, érodé, à croûte terreuse en surface, présentant des Algues et des Lichens.
  - 12 Sol rouge latéritique, argileux, très riche en Algues desséchées après évaporation d'une collection d'eau.

Les résultats trouvés sont donnés ci-dessous par ordre d'indice glucose croissant.

Sol	Indice glucose	mg CO <sub>2</sub> 20 g sol/15 jours	Pouvoir enzymatique
10	11,7	1,96	9,1
11	13,0	1,48	12,9
1	22,1	2,75	1,7
6	44,4	3,85	7,2
2	48,4	4,40	6,1
7	49,1	4,40	11,2
8	56,0	4,80	4,3
3	60,4	6,60	13,6
9	63,5	3,60	4,6
5	93,2	9,35	14,2
4	95,3	7,15	9,2
12	98,5	22,70	15,2

Le graphique de la figure 1 traduit ces variations. Il montre que le parallélisme est assez souvent suivi entre le dégagement de  $\text{CO}_2$  et l'indice glucose, mieux, en particulier, qu'entre ce même dégagement et le pouvoir enzyma-

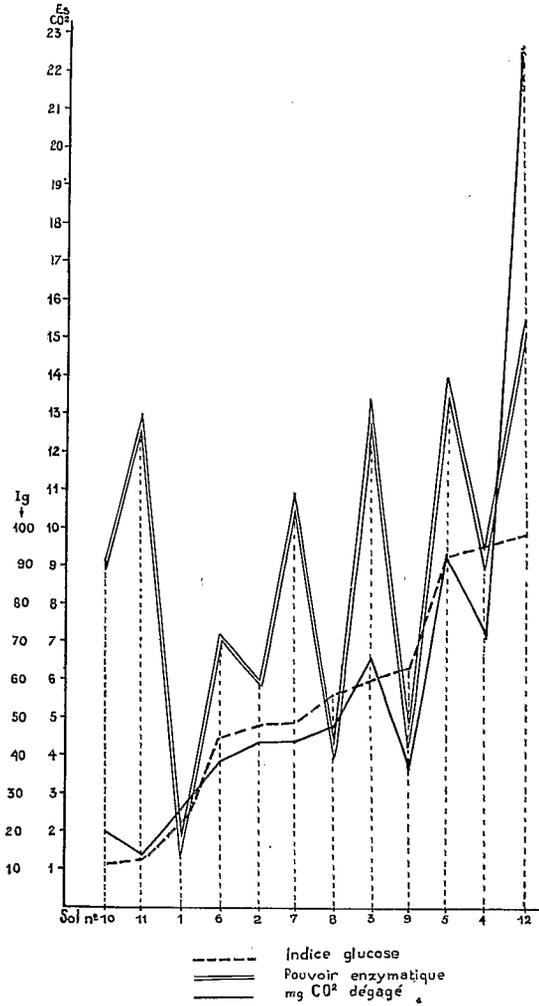


FIG. 1. — Comparaison du pouvoir enzymatique, du dégagement de  $\text{CO}_2$  et de l'indice glucose.

tique. Cette constatation nous incite à utiliser à l'avenir l'indice glucose. La comparaison avec les autres indices, effectuée sur un grand nombre d'échantillons, sera étudiée dans une prochaine note. Le classement trouvé pour les 12 sols étudiés est tout à fait conforme à l'opinion que l'on peut se faire *in situ* de leur fertilité respective.

Les écarts du pouvoir enzymatique par rapport aux deux autres indices peuvent correspondre à des variations dans l'abondance de la microflore fongique, les Champignons inférieurs étant réputés contenir beaucoup de saccharase. Cet enzyme paraît aussi abondant dans les Algues, car les sols de rizière (riches en Algues, comme cela a été remarqué au prélèvement) accusent des valeurs assez élevées ainsi que le sol 12, temporairement immergé. L'intervention des Algues pourrait expliquer les valeurs élevées du pouvoir enzymatique pour les sols érodés 10 et 11, alors que les deux autres indices sont très faibles.

## 2. SOLS DES ENVIRONS D'AMBOHIMANGA (Nord de Tananarive)

Sur 20 profils prélevés en juin 1953, un seul indice d'activité globale, le pouvoir enzymatique, avait été déterminé, les autres n'étant pas encore utilisés ici. Nous avons aussi effectué une estimation de l'abondance de quelques grands groupes physiologiques de germes par la méthode de WINOGRADSKY sur plaques de silicogel (8) ou son adaptation par Y. DOMMERGUES (1) en milieu acide. Les analyses ont été effectuées pour différentes positions topographiques de façon à disposer en quelque sorte d'une *catena* biologique (fig. 2).

Il apparaît que le pouvoir enzymatique est élevé pour les sols de rizières à sec (151, 191), qu'ils soient brun-noir, très organiques (151) ou argileux (191). Il s'abaisse pour la rizière en eau (181). Le sol dénudé (rouge latéritique, argilo-sableux) sur pente, cultivé en Arachide à la précédente saison des pluies, présente une chute du pouvoir enzymatique par rapport au sol voisin (61) resté sous prairie de *Cymbopogon*, quoique les germes nitreux y soient un peu plus abondants. On note la nette régénération du sol latéritique pour le sol en terrasse 121, ce qui montre qu'au prix d'un travail, très élevé il est vrai, mais que la pression démographique imposera dans l'avenir, les sols de collines peuvent être récupérés. Il existe dans le cirque d'érosion, rempli de sols colluvionnaires (latérites micacées), une nette supériorité du sol ensoleillé (101) sur celui qui est constamment à l'ombre (111).

Sous boisement d'*Eucalyptus* et surtout de *Mimosa*, le pouvoir enzymatique est bon (il y a régénération par rapport à la prairie voisine d'*Aristida*), mais comme cela a déjà été noté par Y. DOMMERGUES pour les sols forestiers, les germes nitreux sont très peu abondants.

La prairie récemment brûlée, sur sol rouge latéritique, présente un pouvoir enzymatique supérieur à la partie non brûlée, pour une densité de germes nitreux sensiblement équivalente.

Sur la pente (71) d'environ 80 %, l'érosion intense amène un appauvrissement général.

Nous avons reproduit, sur la figure 3, les variations chimiques pour la même succession de sols ; on voit que les écarts biologiques sont plus

accentués que les différences chimiques tout en gardant généralement le même sens (valeurs élevées pour le sol organique de vallée 151, le sol de terrasse 121, le sol forestier 201, sous *Mimosa*, abaissement général pour le sol érodé 71).

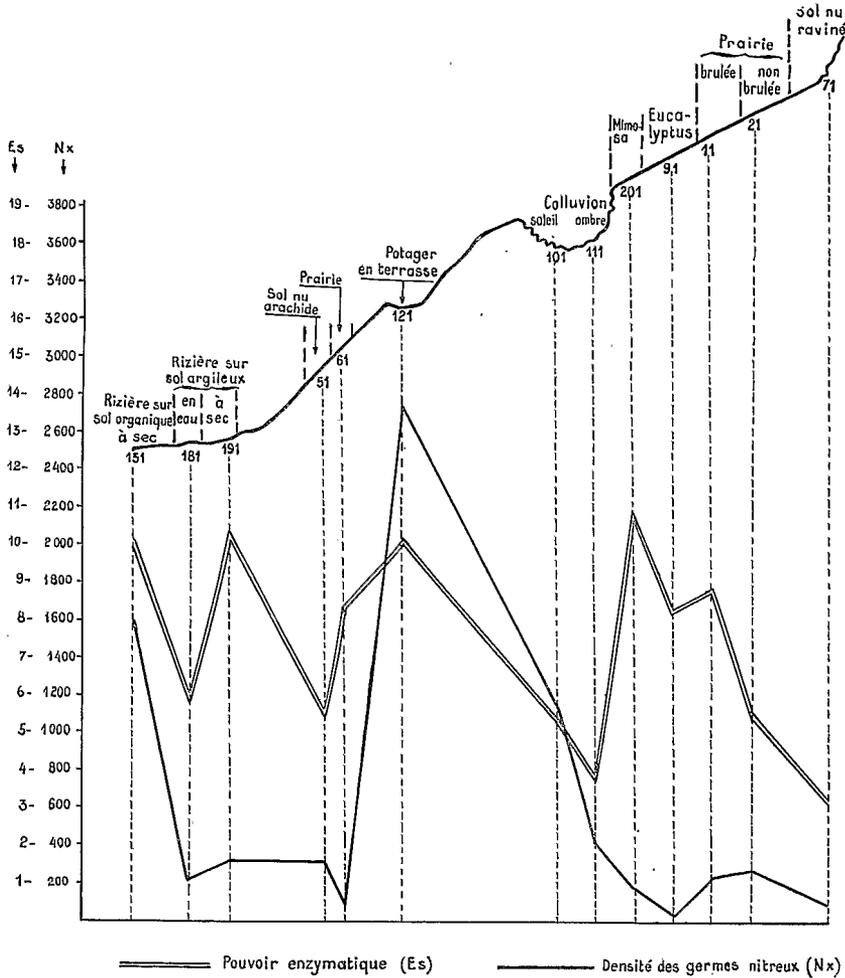


FIG. 2. — Variations biologiques du sommet d'une colline (sol rouge latéritique) à la vallée (rizières).

Les ensemencements de sol sur milieu électif ont montré que l'on avait affaire pour les germes cellulolytiques :

a) pour les sols de prairies, à des *Cytophaga*, Vibrions, Actinomycètes et Champignons inférieurs en nombre à peu près égal ;

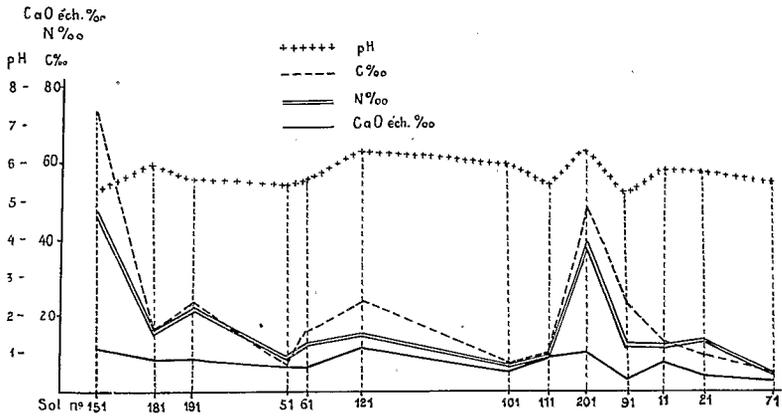


FIG. 3. — Variations chimiques du sommet d'une colline (sol rouge latéritique) à la vallée (rizières).

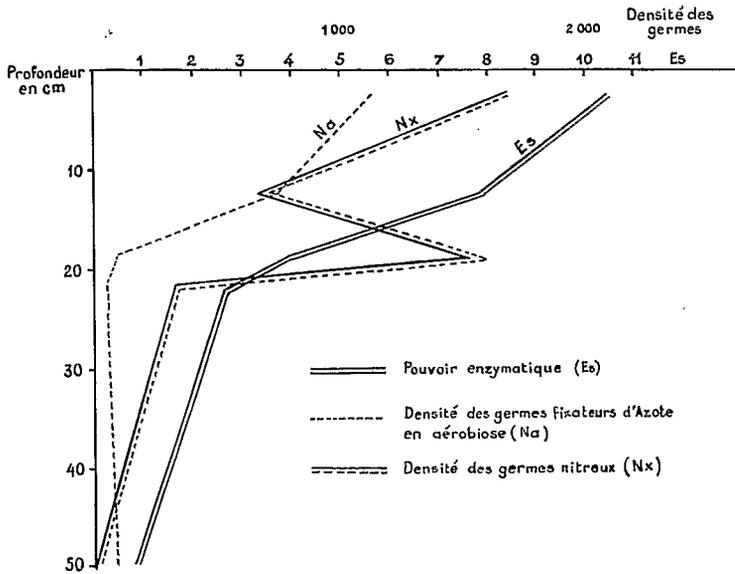


FIG. 4. — Décroissance en profondeur de l'activité biologique pour un sol organique de rizière (à sec).

- b) sous *Eucalyptus*, surtout à des *Cytophaga*, Vibrions et quelques Actinomycètes ;
- c) sous *Mimosa* à une majorité d'Actinomycètes ;
- d) en sol érodé, seulement à quelques rares *Cytophaga* (*C. aurantiaca*, probablement) ;
- e) en rizière, à une majorité d'Actinomycètes.

Les germes responsables de la fixation aérobie de l'azote sont, pour tous les sols, des *Azotobacter indicum*. Jusqu'à présent nous n'avons observé, à Madagascar, *Azotobacter chroococcum* que dans quelques sols de rizière à pH voisin de la neutralité et dans les colluvions, tous riches en feldspaths et micas, avec une densité de quelques centaines de germes au gramme, tandis que la densité des *Azotobacter* acidophiles dépasse parfois 3.000.

Nous avons effectué pour le sol 15 des prélèvements de profondeur qui font ressortir la rapide décroissance du pouvoir enzymatique. De plus, nous avons porté sur le graphique de la figure 4 l'estimation de la densité des germes nitreux et fixateurs d'azote en aérobiose (*Azotobacter indicum*) par comptage sur silicogel. La chute d'activité est très rapide entre la surface et 20 cm si l'on excepte l'anomalie de la forte densité des germes nitreux à 15-20 cm.

### 3. SOLS SALÉS DE LA RÉGION DE TULÉAR

Le service des Eaux et Forêts, en mars 1953, en la personne de M. Y. DOMMERGUES, nous avait fourni 6 échantillons salés, tous calcaires, de pH 8,2, provenant de la plaine littorale ; nous avons porté sur la figure 5 le pouvoir enzymatique et l'évaluation des densités bactériennes nitreuses et fixatrices d'azote aérobies en fonction des taux de chlore. On voit que l'amélioration des conditions biologiques suit, dans son allure générale, la diminution des chlorures.

Une deuxième série de prélèvements en décembre 1953, c'est-à-dire en saison des pluies, accuse une diminution de la salinité pour 5 échantillons sur 6 (l'échantillon 5 étant passé de 0,54 à 1,17 ‰ Cl). Cependant, les conditions biologiques n'en sont pas pour autant améliorées, comme le montre la figure 6. Cela n'a rien d'étonnant si l'on considère la structure de ces sols très argileux, lorsqu'ils sont gorgés d'eau. Les germes fixateurs d'azote consistent surtout en *Azotobacter chroococcum* avec, cependant, quelques *A. indicum* malgré la présence de calcaire (survivance des germes dans des sols alluviaux provenant des Hauts-Plateaux ?).

En pleine saison des pluies, en décembre, la densité des germes diminue plus brutalement pour de plus faibles teneurs en chlore qu'en début de saison sèche, en mars : le chlore apparaît plus nocif (influence de la température plus élevée ?) ; bien qu'il ne soit évidemment pas le seul facteur déterminant l'activité biologique et que de multiples prélèvements de sols salés seraient nécessaires pour une étude précise, nous avons esquissé, pour

les prélèvements de décembre, les courbes des densités bactériennes et du pouvoir enzymatique en fonction du chlore.

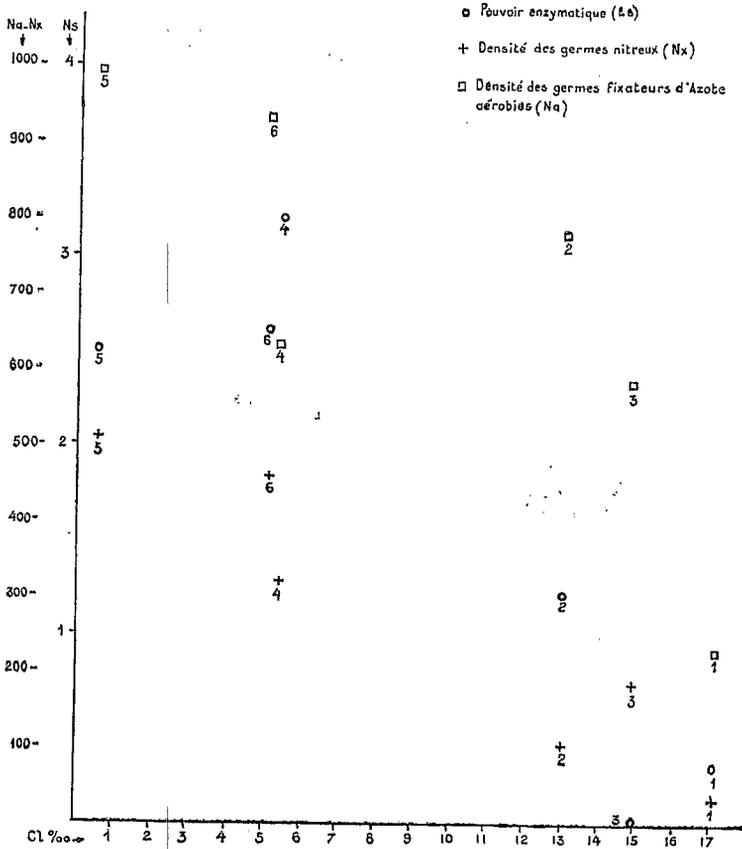


FIG. 5. — Variations biologiques en fonction du chlore (exprimé en p. 1.000 dans le sol séché à l'air) pour 6 échantillons de sols salés, en mars (Tuléar).

#### 4. SOLS DE RIZIÈRES (Nord de Tananarive)

En décembre 1953, nous avons prélevé un échantillon moyen de sol de rizière témoin et un échantillon moyen d'une parcelle contiguë ayant reçu, avant le repiquage, 150 kg de sulfate d'ammoniaque et 300 kg de phosphate tricalcique. Le Riz avait une hauteur de 50 à 70 cm et commençait à épier. Nous avons obtenu les résultats d'analyses microbiologiques suivants (fig. 7) (la détermination du dégagement de  $\text{CO}_2$  ayant été faite suivant un ancien protocole, avec un poids de sol voisin de 1 kg et dans les conditions d'humidité du sol en place).

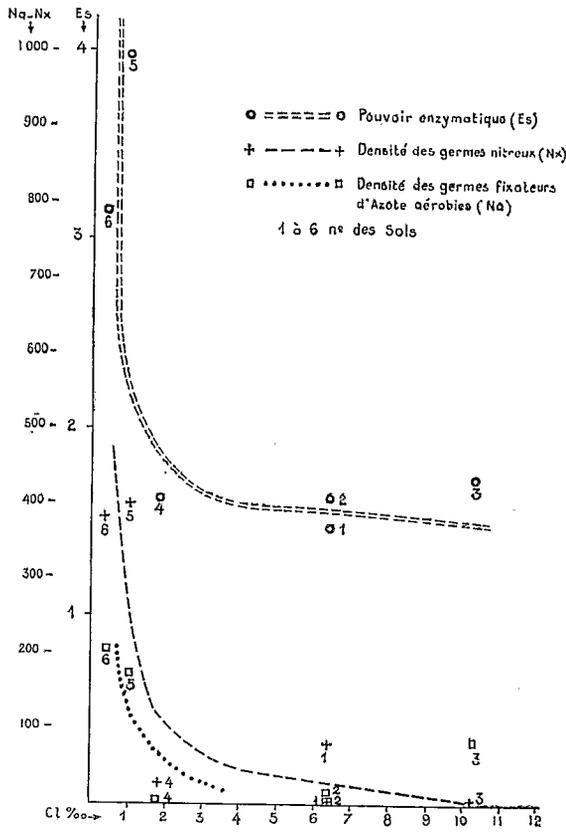


FIG. 6. — Variations biologiques en fonction du chlore (exprimé en p. 1.000 dans le sol séché à l'air) pour 6 échantillons de sols salés, en décembre (Tuléar).

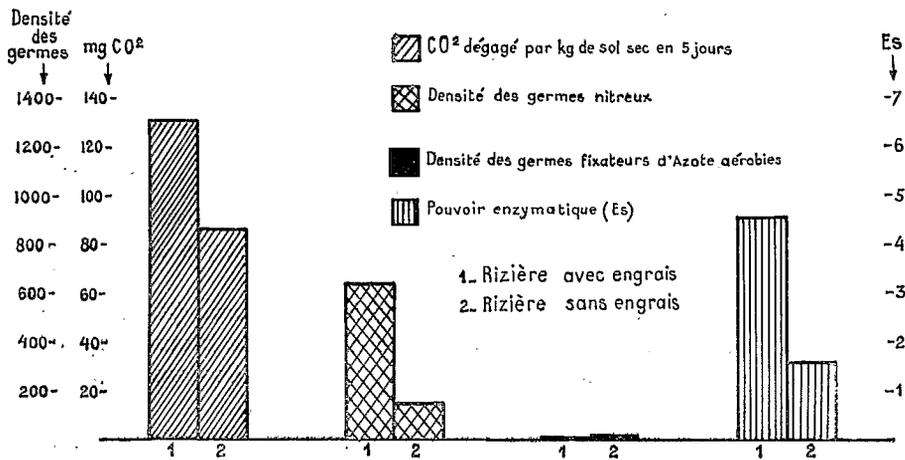


FIG. 7. — Influence de la fumure sur l'activité biologique d'un sol de rizière.

## 5. SOLS DE L'ANKARATRA

Il s'agit de sols de montagnes sur roches volcaniques, prélevés au cours du mois de mars 1953. La plupart des sols ont pris naissance sur basalte. Un échantillon (n° 18) se trouve sur projections trachytiques.

La figure 8 donne en graphique l'altitude des prélèvements, la valeur du pouvoir enzymatique et l'estimation de la densité des germes nitreux.

Les caractéristiques sommaires des sols sont les suivantes (prélèvements 0-5 cm).

- AKR 1 Sol brun d'altitude (2.640 m). Prairie (*Pentaschistis Perrieri*).  
 2 — à altitude plus faible (2.500 m).  
 3 — — (2.400 m).  
 4 A altitude plus basse, les sols bruns non latéritiques passent aux sols bruns latéritiques. Sol non cultivé depuis 2 ans et labouré depuis un mois en vue de plantation de Pommes de terre. Prélèvement au sommet d'un billon.  
 5 : Même emplacement, prélèvement entre deux billons.  
 6-7 : Sols en jachère depuis 2 ans (envahissement par Graminées et adventices diverses).  
 6 : sommet de billon.  
 7 : entre billons.  
 8 : Champ sur lequel la récolte de Pommes de terre vient d'avoir lieu.  
 9-10 : Champ labouré après brûlis en vue de plantation de Pommes de terre.  
 9 : billon.  
 10 : entre billons.  
 11-12 : Prairie, dans la région de Zoma, sur sol brun latéritique.  
 13 : Boisement voisin d'Acacias.  
 14 : Sol tourbeux à couverture graminéenne dans la dépression de Faratsiho.  
 15 : Rizière en eau à côté.  
 16 : Sol brun-rouge latéritique sur pente de 6 % environ. Champ de Patates douces. Structure grumeleuse.  
 17 : Prairie à côté (*Digitaria* sp.).  
 18 : Sol brun humifère, limono-argileux, sur projections trachytiques, au-dessus de Faratsiho. Boisement peu dense d'Acacias.  
 19 : Sur pente d'environ 40 %, prairie sur sol brun (*Aristida* sp.).  
 20 : A côté, juste après le passage d'un feu de brousse courant.  
 21 : Sol brun-rouge foncé, sous prairie, sur alluvions anciennes (près Vinaninony).

On remarque la faible densité des germes nitreux, généralement inférieure à 500 colonies par gramme de sol. Ce caractère peut s'expliquer,

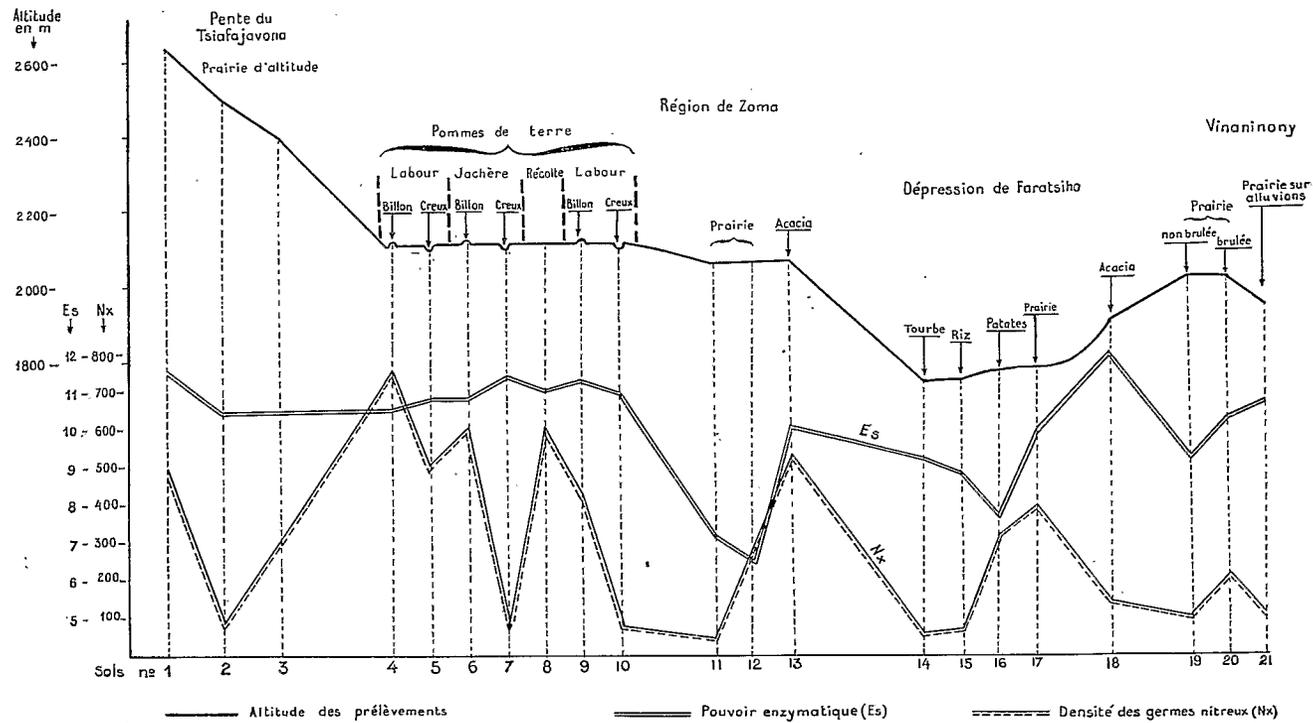


FIG. 8. — Variations biologiques entre différents sols de l'Ankaratra.

pour les sols bruns organiques, par le fort pouvoir de rétention pour l'eau en climat à pluviométrie élevée. Le mauvais drainage, même sur les pentes, est d'ailleurs une difficulté pour la culture des Pommes de terre, très répandue dans l'Ankaratra. La plantation se fait sur billons après une jachère de 2 ans.

Le réveil de la nitrification par le labour après la jachère de deux ans, ainsi que par l'amélioration du drainage sur le sommet des billons est net :

	<i>Sommet billon</i>	<i>Fond</i>
— non labouré . . . . .	610	85
— labouré depuis 1 mois . . . . .	780	525

Le pouvoir enzymatique est assez élevé partout. On note, aux environs de 2.000 mètres, son taux plus fort sous *Acacia* que sous prairie.

Le passage d'un feu courant sur prairie, n'a pas abaissé, au contraire, le pouvoir enzymatique ni la densité des germes nitreux (sol 19 non brûlé, et 20 brûlé). Nous avons noté la température de la surface juste après le passage du feu : elle ne dépassait pas 35° dans le premier centimètre (contre 24° dans la zone non brûlée). Une si faible élévation de température ne peut guère être nocive et, du point de vue chimique, l'élévation du pH et des éléments assimilables est classique (3). La nocivité du feu provient de ce qu'il prive le sol de sa couverture végétale et l'expose d'autant plus à l'érosion qu'il se trouve sur pente, cas général des Hauts-Plateaux malgaches : la couche enrichie par les cendres descend à la rivière la plus proche (seule une très faible fraction des éléments fertilisants enlevés profitera éventuellement aux rizières de vallée).

En sol brun-rouge, ne souffrant pas d'excès d'humidité comme les sols bruns, la prairie est biologiquement plus active que le sol cultivé (sols 16 et 17). Il est vrai qu'il s'agit d'une pente sur laquelle l'érosion doit sévir après défrichement.

L'activité biologique diminue rapidement en profondeur comme le montrent les profils suivants :

	<i>Profondeur</i>	<i>Horizon</i>	<i>Pouvoir enzymatique</i>	<i>Germes nitreux/ g sol</i>
<b>Profil AKR 1</b>				
11	0-5 cm	Brun-noir très organique, très humide.	11,85	510
12	15-20 cm	Partie inférieure de l'horizon humifère. Le brun s'éclaircit.	11,25	250
13	50 cm	Limono-argileux, brun plus clair ; assez meuble, particulière.	7,95	20
14	100 cm	Brun clair avec débris de basalte.	2,95	0
15	150 cm	Basalte altéré.	9,90	0
<b>Profil AKR 12</b>				
121	0-5 cm	Humifère, brun-rouge, limono-argileux, particulière.	6,45	270
122	10-15 cm	Partie inférieure de l'horizon humifère.	6,10	110
123	35 cm	Brun-rouge, plus clair.	3,95	25
124	70 cm	Gris-olive, plus argileux.	0,65	13

## CONCLUSION

Les quelques sols passés en revue montrent les variations importantes des indices d'activité biologique globale selon les types pédologiques, la topographie et la couverture végétale. Les déterminations d'indices biologiques peuvent compléter très utilement les données chimiques et physiques et seraient réalisables dans tout laboratoire de pédologie.

## BIBLIOGRAPHIE

1. DOMMERGUES (Y.), 1952. — L'analyse microbiologique des sols tropicaux acides. — *Mém. Inst. sci. Madag.*, série D, IV, fasc. 2, p. 169-181.
2. HOFMANN (von Ed.), 1952. — Enzymreaktionen und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit. — *Zeit. für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde*, Berlin, 56. (101), p. 68-72.
3. JENNY (H.), 1940. — Factors of soil formation. — Mc Graw-Hill Book Company, New-York.
4. JENSEN (H. L.), 1950. — *Fourth International Congress of Soil Science*. — Amsterdam, vol. IV, p. 88-89.
5. LUNDEGÅRDH (H.), 1927. — Carbon dioxide evolution of soil and crop growth. — *Soil sci.*, 23, 417-450.
6. POCHON (J.), 1954. — Manuel technique d'analyse microbiologique du sol. — Masson, Paris.
7. WAKSMAN (S. A.), 1952. — Soil microbiology. — J. Wiley and Sons, New-York.
8. WINOGRADSKY (S.), 1949. — Microbiologie du sol. Problèmes et méthodes. — Masson, Paris.