

Influence du facteur microbiologique sur la solubilisation d'éléments minéraux à partir d'un sol ferrallitique malgache et à partir de biotite en présence de litières tropicales (Teck et Niaouli)

PAR

Cl. MOUREAUX

(Avec la collaboration technique de P. TOUSSAINT)

Laboratoire de Microbiologie du Sol, O.R.S.T.O.M. - 93-Bondy

I. — INTRODUCTION

De nombreuses études se sont attachées à l'influence des litières forestières sur le sol ; BETREMIEUX en 1951, SCHNITZER en 1954, BLOOMFIELD en 1956, LOSSAINT en 1959, entre autres, ont mis en évidence la mobilisation du fer en liaison avec les processus de podzolisation ; d'autres cations aussi sont libérés du sol par divers acides organiques présents dans les litières, comme l'a montré BRUCKERT (1969), en particulier.

Cependant, ces recherches portent essentiellement sur des sols et des essences forestières tempérés, d'une part, et le facteur microbiologique, d'autre part, n'est généralement pas isolé, c'est-à-dire que l'influence proprement dite sur le sol des développements microbiens dans la litière est confondue avec l'action physico-chimique.

Des trois facteurs principaux considérés comme responsables de la mobilisation du fer dans les profils (MUIR *et al.*, 1964) :

- acides humiques,
- substances hydrosolubles des litières,
- microorganismes,

le dernier, soit le facteur microbien, reste certainement le moins étudié ; cela, bien que l'hypothèse d'un rôle important des microorganismes ait été envisagée depuis longtemps par des chercheurs comme ARISTOVSKAYA (1956).

5 DEC. 1972

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

Collection de Référence

n° 5804 Rep 10

Dans le présent travail, nous avons tenté d'isoler l'influence propre des germes se développant en présence de feuilles de Teck (*Tectona grandis*) ou de Niaouli (*Melaleuca leucodendron*). Cette influence est étudiée d'abord sur le sol, ensuite sur un mica, la biotite, ajouté au sol ; on l'évalue par comparaison avec des traitements maintenus stériles en présence d'un antiseptique.

La question était posée, au départ de cette étude, de savoir si la litière de Niaouli, assez acide et riche en essence voisine de celle de l'Eucalyptus, donc moins propice aux activités microbiologiques, favorisait la mobilisation et le lessivage d'éléments minéraux à l'instar des espèces dites podzolisantes en régions tempérées. Au contraire, on pouvait penser que la litière de Teck, plus proche de la neutralité, n'exerçait sur le sol, au cours d'une biodégradation plus rapide, qu'une influence moins marquée, homologue de celle des feuilles tempérées.

II. — MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le sol utilisé est un sol ferrallitique sur basalte des Hauts-Plateaux malgaches de la région d'Arivonimamo, à gibbsite, hématite et kaolinite (20 % Fe, 23 % Al_2O_3 ; pH 5,8 ; pH KCl 5,6). Tamisé à 2 mm, il est additionné de feuilles séchées, broyées au mixer, dans la proportion de 10 % (Sol 50 g, feuilles 5 g, eau distillée 180 ml). Les feuilles de Teck et de Niaouli proviennent du Sénégal, de Casamance et de la presqu'île du Cap Vert respectivement ; leur analyse figure en annexe.

Les traitements suivants sont mis en œuvre et soumis à une incubation à 30° en système fermé (vases clos) avec renouvellement périodique pour analyse (prélèvements de parties aliquotes de 50 ml remplacées par H_2O) :

- { A Sol + feuilles + H_2O + antiseptique
- { B Sol + feuilles + H_2O
- { C Sol seul + H_2O + antiseptique
- { D Sol seul + H_2O
- { E Feuilles seules + H_2O + antiseptique
- { F Feuilles seules + H_2O

Le développement microbien en B, D, F est celui de la microflore naturelle, dite complexe (sans stérilisation ni réinoculation), tandis que la stérilité est maintenue dans les témoins A, C, E par l'addition d'azide de sodium (dont on a fait varier la concentration entre 0,50 ‰ et 1 ‰ au cours de l'expérimentation) dans l'eau de submersion, la lame liquide au-dessus du sol étant de 20 mm environ.

L'analyse* des éléments solubilisés :

Fer
Aluminium
Silice
Calcium
Magnésium
Potassium

* Effectuée aux S.S.C. de l'ORSTOM à Bondy en Spectrographie, sous la direction de M. PINTA.

par colorimétrie pour les trois premiers, après minéralisation, par absorption atomique pour les autres, permet l'approche suivante pour tel élément dont la teneur est a, dans le traitement A, b, dans le traitement B, etc...

1) Action sur le sol de la litière en présence de germes ou mobilisation par la « litière microbienne » :

b — d — f

2) Action sur le sol de la litière stérile :

a — c — e

3) Action microbienne proprement dite sur le sol (en présence de litière) :

(b — d — f) — (a — c — e)

Ces mêmes traitements, répétés en présence de biotite (1 g) calibrée à 250-500 μ (isolée de granite par susceptibilité électromagnétique*), ont permis d'évaluer par comparaison les éléments minéraux provenant de l'altération de la biotite.

La variation dans le temps de la solubilisation (ou de l'insolubilisation) d'un élément donné est établie à partir des prélèvements aliquotes échelonnés, compte tenu des quantités antérieurement soustraites.

III. — RÉSULTATS

Les résultats sont consignés dans les figures 1 à 7. La fig. 1 montre les variations de pH et de potentiel d'oxydo-réduction. Dans les suivantes, chaque élément : fer, aluminium, calcium, magnésium, potassium et silice fait l'objet de 6 graphiques, soit 3 pour la litière de Teck et 3 pour celle de Niaouli.

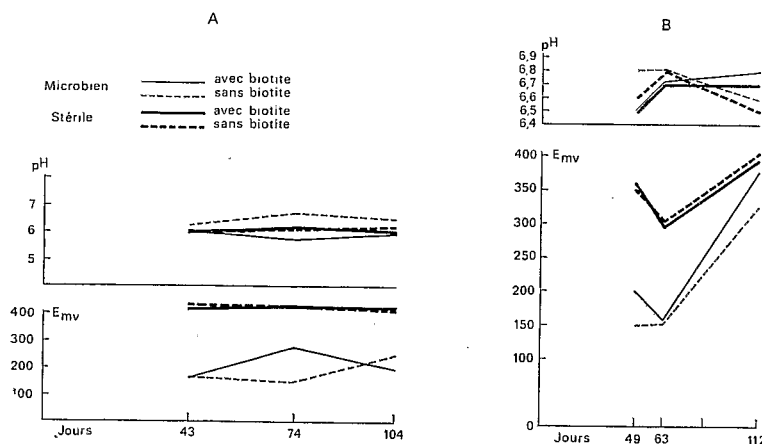


FIG. 1. — Variations du pH et du potentiel d'oxydo-réduction dans les traitements sol + litière avec ou sans biotite, stériles ou non (tous les traitements sont faits en double et figurés par leur moyenne).

A. Teck.

B. Niaouli.

* Grâce à l'obligeance de M. PARROT, Laboratoire de Géologie S.S.C.

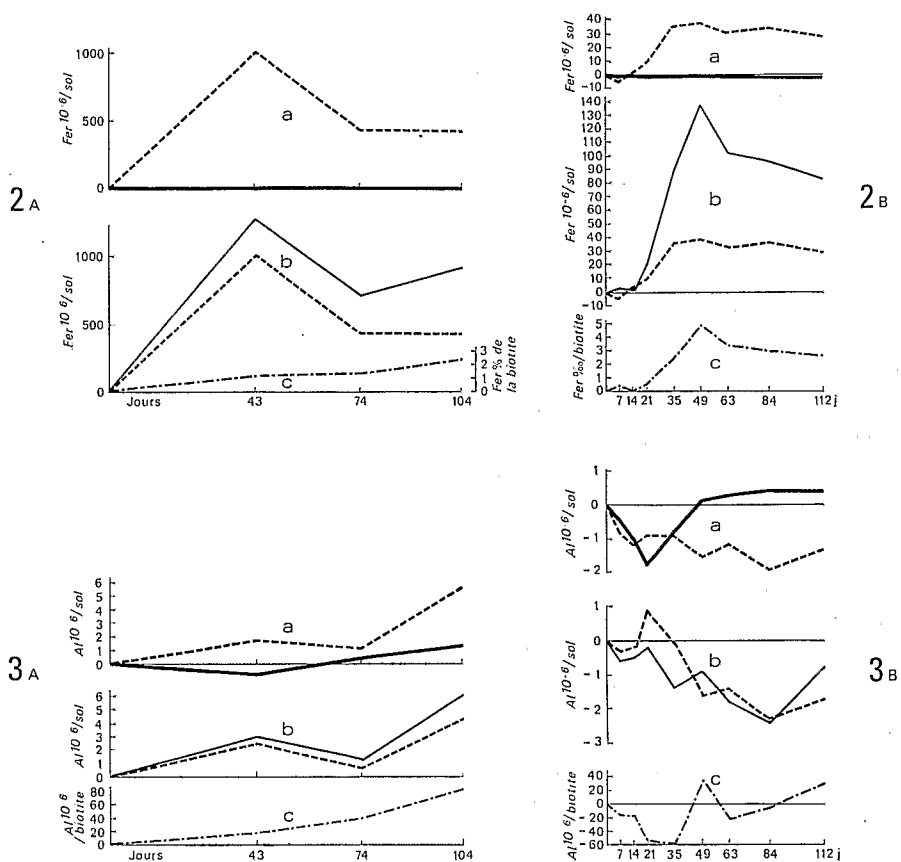


FIG. 2 à 7. — Légende commune.

Solubilisation microbienne à partir du sol ferrallitique et de la biotite en présence de litière.

A. Teck.

B. Niaouli.

a — Élément solubilisé à partir du sol en mg/Kg/sol.

----- Solubilisation par la litière microbienne.

———— Solubilisation par la litière stérile.

b — Comparaison de l'action microbienne sur la solubilisation de l'élément avec ou sans biotite dans le sol (rapportée au sol en mg/Kg).

----- sans biotite.

———— avec biotite.

c — Élément solubilisé (axe positif) à partir de la biotite par action microbienne ou insolubilisé (axe négatif) en présence de biotite (— · · · · ·).

Fig. 2. — Fer.

Fig. 3. — Aluminium.

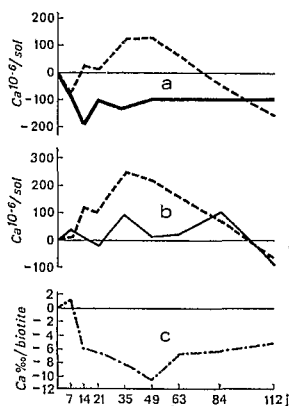
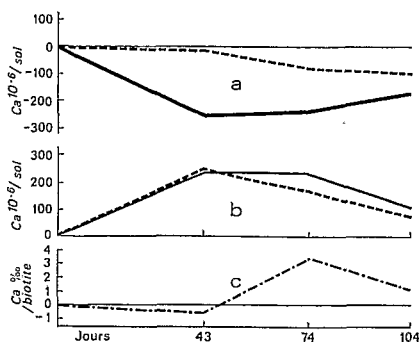
Fig. 4. — Calcium.

Fig. 5. — Magnésium.

Fig. 6. — Potassium.

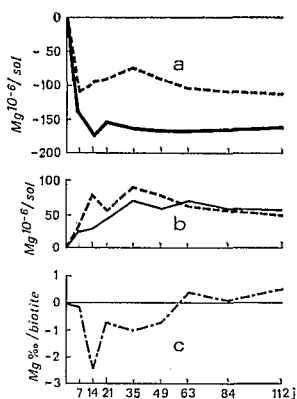
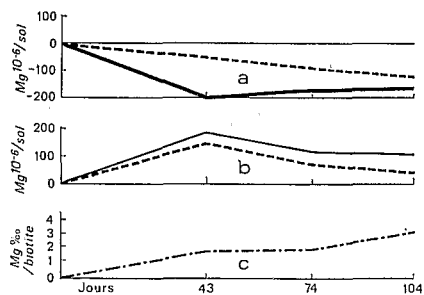
Fig. 7. — Silice.

4A



4B

5A



5B

a) L'action de la litière microbienne et celle de la litière stérile sur le sol sont représentées en fonction du temps. La différence comprise entre ces deux courbes exprime le facteur microbien ou solubilisation microbienne.

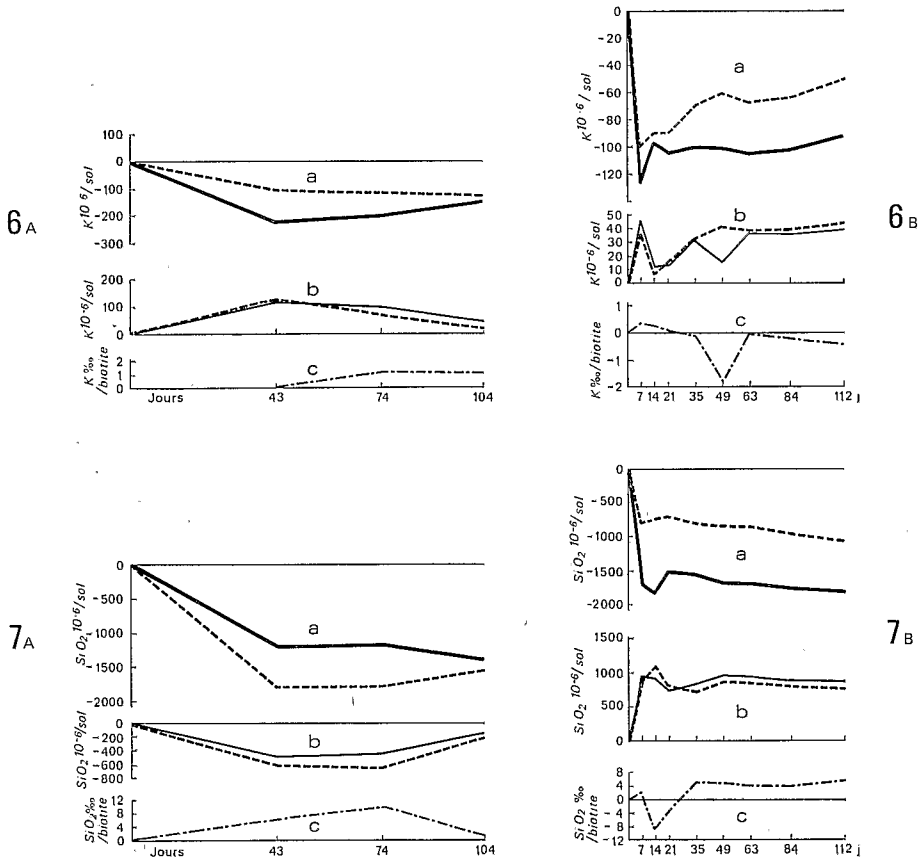
Les résultats sont donnés en 10^{-6} de l'élément par rapport au sol qui, ici, n'a pas reçu de biotite.

b) Dans le deuxième graphique, on compare le facteur microbien — sans biotite (soit la solubilisation microbienne du graphique précédent), — avec biotite.

La différence entre ces deux courbes permet, à un facteur près, l'évaluation de l'élément solubilisé à partir de la biotite (ou éventuellement insolubilisé en présence de biotite).

c) La dernière courbe donne la proportion de chaque élément solubilisé à partir de la biotite ou éventuellement insolubilisé en présence de biotite.

L'incubation a été de 104 jours dans le cas du Teck et de 112 jours dans celui du Niaouli.



IV. — DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La solubilisation maximale résultant des activités microbiennes en présence de litières a lieu dans le cas de la litière de Teck et pour le fer.

L'abaissement du potentiel d'oxydo-réduction jusqu'aux environs de 150 mv dans le cas des deux litières microbiennes, par rapport aux témoins où la litière est stérile, rend possible le maintien du fer à l'état d'ions ferreux, même en dehors de la possibilité de formation de complexes ou chélates. La chute de potentiel dépasse 250 mv dans le traitement sol-litière microbienne (Teck) après 74 jours ; elle peut d'ailleurs expliquer une certaine élévation du pH, puisque les deux valeurs pH-Ev sont inversement liées. La présence de biotite, par contre, provoque un léger décalage en baisse du pH qui résulte probablement d'une acidité d'échange par les ions K^+ libérés de la biotite qui déplacent de l'hydrogène H^+ du sol. La solubilisation microbienne du fer enlève un peu plus de 1 ‰ de fer à partir du sol ferrallitique en présence de Teck, tandis qu'elle atteint à peine 0,14 ‰ dans le cas du Niaouli. A la phase de solubilisation, succède une insolubilisation comme l'a trouvé également

BERTHELIN (1971), qu'elle soit provoquée par précipitation des complexes, leur adsorption sur l'oxyde de fer insoluble ou un relèvement du potentiel après la disparition des substances les plus facilement biodégradables de la litière.

On pourrait s'étonner qu'il ne se produise aucune solubilisation de fer par les deux litières stériles : cela peut provenir, soit de l'absence de complexation par les éléments hydrosolubles des litières dans les conditions de l'expérience, le fer de ce sol se révélant, dans des essais parallèles, très difficilement déplaçable, soit de la fixation des complexes de fer sur les sesquioxides préexistants.

La comparaison des variations du facteur microbiologique avec et sans biotite ajoutée au sol permet de calculer qu'il induit la solubilisation de 2,45 % du fer à partir de la biotite dans le cas du Teck et de seulement 0,50 % dans le cas du Niaouli, ce qui équivaut en proportion du fer contenu dans la biotite (16,3 %) à respectivement 15,03 % et 3,04 %.

L'examen aux rayons X des pellicules rouille se formant dans les traitements sol-litière microbienne par reprécipitation partielle du fer solubilisé n'a révélé que des produits amorphes.

En ce qui concerne l'aluminium, les solubilisations restent extrêmement faibles. Il est probable que la présence de fer et de calcium gêne la formation des complexes aluminiques qui sont d'ailleurs moins stables que ceux du fer. Dans le cas du Teck, seulement 85.10^{-6} Al sont solubilisés à partir de la biotite et 5,7 à partir du sol au 104^e jour.

L'analyse des bases fait surtout apparaître des processus d'insolubilisation. Ainsi, dans le cas du Teck, les bases, solubilisées à partir des litières tant stériles que microbiennes, comme on le constate dans les témoins sans sol, sont partiellement immobilisées soit sur le sol, soit dans les germes ; cette insolubilisation est, toutefois, plus faible en présence des activités microbiennes ce qui se traduit par un facteur microbiologique positif qui exprime une solubilisation relative. Ce facteur est sensiblement plus élevé en présence de biotite et indique une solubilisation atteignant :

3,45 ‰ Ca
3,59 ‰ Mg
1,25 ‰ K

à partir de la biotite, dans l'hypothèse d'une immobilisation ne diminuant pas sur le sol ou dans les cellules après addition de mica.

Dans le cas du Niaouli, le comportement des bases est le même à l'exception du calcium, effectivement solubilisé à partir du sol par la litière microbienne. L'addition de biotite n'a cependant pas le même effet et elle se traduit par une diminution du facteur microbiologique, c'est-à-dire par une insolubilisation plus grande des bases, vraisemblablement dans les cellules microbiennes.

Si l'on considère, enfin, le cas de la silice, abondamment libérée par les litières, on s'aperçoit qu'elle est aussi partiellement insolubilisée en présence de sol, mais plus fortement en présence de la litière microbienne que de la litière stérile dans le cas du Teck, alors que c'est l'inverse pour le Niaouli.

L'addition de biotite, toujours dans la même hypothèse que précédemment, se traduit par une solubilisation microbienne de la silice de l'ordre de 1 % à partir du mica dans le cas du Teck et de 0,5 % dans le cas du Niaouli.

ANNEXE

**Composition des feuilles de Niaouli (Sénégal, Cap Vert)
et des feuilles de Teck (Sénégal Casamance)**

	Substances hydro- solubles %	pH feuilles /eau = $\frac{1}{10}$	Teneur en % poids sec (105°)								C N
			C	N	K	Ca	Mg	S	P	Fe	
Niaouli.....	13,9	5,7	60,8	1,79	0,65	1,72	0,60	0,79	0,13	0,132	34,0
Teck.....	16,4	6,4	46,9	1,78	0,67	1,53	0,59	0,12	0,15	0,044	26,3

Analyses effectuées au Laboratoire de Physiologie Végétale, S.S.C. O.R.S.T.O.M., sous la direction de M. RABEGHAULT.

RÉSUMÉ

Les solubilisations microbiennes de Fe, Ca, Al, Mg, K et SiO₂ sont étudiées par comparaison avec des traitements stériles à partir d'un sol ferrallitique de Madagascar et à partir de biotite, ajoutée ou non au sol, en présence de deux litières tropicales (Teck ou Niaouli).

L'action microbienne est particulièrement marquée dans le cas du fer, surtout en présence de litière de Teck (solubilisation de 1‰ Fe/sol et de 24,5‰ Fe/biotite). L'aluminium est quasi-immobile.

En ce qui concerne les bases et la silice, les processus d'insolubilisation des éléments solubles des litières dominant, mais l'action microbienne a généralement pour résultat de diminuer cette insolubilisation (solubilisation relative).

SUMMARY

The microbiological solubilisations of Fe, Al, Ca, Mg, K and SiO₂ are studied by comparison with sterile replicas from a ferrallitic soil of Madagascar and biotite in presence of two tropical litters (*Tectona grandis* or *Melaleuca leucodendron*). The microbiological action is chiefly conspicuous in the case of iron, chiefly with Teck (1‰ Fe/sol and 24.5‰ Fe/biotite).

Aluminium is quasi-motionless.

As to bases and silica, processes of partial insolubilisation of the elements coming from the litters take place, but the microbiological action generally lessens this insolubilisation (relative solubilisation).

BIBLIOGRAPHIE

- ARISTOVSKAYA (T. V.), 1956. — The role of microorganisms in podzol forming process. 6^e Congr. Int. Sci. Sol, Paris, III, 43: 263-269.
- BERTHELIN (J.), 1971. — Altération microbienne d'une arène granitique. *Sci. Sol*, 1: 11-29.
- BETREMIEUX (R.), 1951. — Étude expérimentale de l'évolution du fer et du manganèse dans les sols. *Ann. agron.* : 193-295.

- BLOOMFIELD (C.), 1956. — The solution-reduction of ferric oxide by aqueous leaf extracts. The role of certain constituents of the extracts. *6^e Congr. Int. Sci. Sol, Paris, II*, 4: 427-432.
- BRUCKERT (S.), 1970. — Influence des composés organiques solubles sur la pédogénèse en milieu acide. *Thèse, Fac. Sci., Nancy*.
- BRUCKERT (S.), JACQUIN (F.), 1969. — Interaction entre la mobilité des acides organiques et de divers cations dans un sol à mull et dans un sol à mor. *Soil. Biol. Biochem.*, 1: 275-294.
- LOSSAINT (P.), 1959. — Étude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. *Thèse, Fac. Sci., Strasbourg*.
- MUIR (J. W.), MORRISON (R. I.), *et al.*, 1964. — The mobilization of iron by aqueous extracts of plants. *J. Soil. Sci.*, 15: 226-237.
- SCHNITZER (M.), 1954. — Mobilization of iron podzol soils by aqueous leaf extracts. *Chem. Ind.*, 45.