

FD 137
612

(1980)



**ACTIVITES BIOLOGIQUES DANS LES SOLS TROPICAUX
(GUYANE FRANÇAISE)**

I. — Influence du déboisement sur la microflore tellurique, étude préliminaire.

G. KILBERTUS, A. MOUREY, R. SCHWARTZ, M.F. PREVOST

RESUME

A. Les sols de quatre stations tropicales sont examinés pour leurs activités biologiques. Les numérations de la microflore totale, des microflores protéolytique et lipolytique sont rapportées, ainsi que l'activité lipolytique des sols. L'examen de l'évolution qualitative permet de mettre en évidence des changements selon les saisons et les stations dans le cas de la flore bactérienne tandis que la flore fongique reste plus stable d'une station à l'autre. L'effet de la suppression du couvert forestier se fait surtout sentir durant la saison sèche et par des modifications d'ordre qualitatif. Après deux années de déboisement, les sols ont gardé leur potentiel microbiologique.

Dans les pays tropicaux, les amplitudes des variations journalières et annuelles des températures ne sont pas de nature à perturber de façon notable le développement des microorganismes telluriques. En outre, les chutes de litière se font de façon quasi uniforme tout au long de l'année, avec une légère augmentation au cours de la saison sèche (WILLIAMS et GRAY, 1974; LOFTY, 1974). Ces débris végétaux sont cependant immédiatement dégradés par la microflore et la faune du sol, si bien que seule une fraction infime est incorporée au sol. En effet, selon MADGE (1965), les microorganismes peuvent, tous les jours, décomposer jusqu'à 1 % de la litière présente, alors que dans les pays tempérés on observe seulement des valeurs allant de 0,1 à 0,3 %, ce qui entraîne une accumulation des produits. Les sols tropicaux sont donc très pauvres en matière organique et une intervention externe, même minime, est susceptible de rompre leur fragile équilibre biologique.

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

Note présentée à la séance du 14 mai 1980. Transmise par le Fonds Documentaire

N° : 1730

Cote B

Date : -9 AOUT 1982

Les principaux facteurs pouvant influencer sur la composition qualitative et quantitative de la microflore du sol de ce pays sont :

- Les variations du régime hydrique, bien tranché en Guyane française, par l'existence de deux saisons, l'une sèche, l'autre humide.
- L'activité humaine se traduisant par un déboisement très localisé à des fins agricoles indigènes (les abattis) ou par un déboisement sur une grande échelle en vue d'exploiter industriellement certaines parcelles.

Les abattis ont une surface moyenne de 2 hectares. Cette surface est suffisamment petite pour que l'effet lisière se fasse sentir jusqu'au centre de la parcelle exploitée et autorise une recolonisation rapide par la luxuriante végétation tropicale après abandon de l'exploitation. Par contre, des coupes réalisées sur une plus grande échelle peuvent éventuellement entraîner des modifications irréversibles.

Ce sont ces influences naturelles (variations du régime hydrique) ou artificielles (activité humaine) sur les microorganismes du sol que nous allons aborder dans ce travail, en espérant contribuer à une meilleure connaissance de la microbiologie des sols de la Guyane française.

DESCRIPTION DES STATIONS (figure 1)

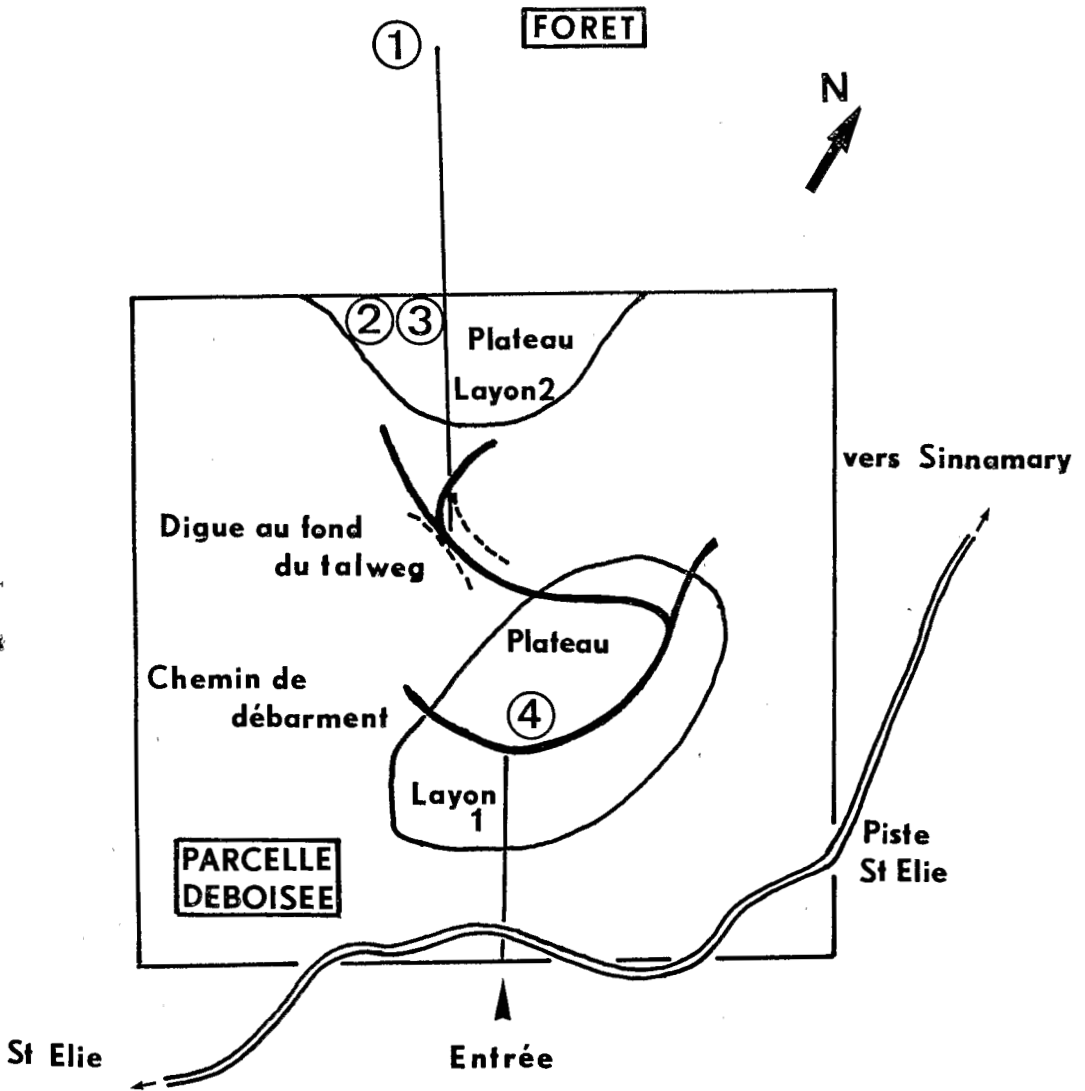
Dans la forêt guyanaise, à 15 km environ au sud de Sinnamary, à proximité de la piste St-Elie, une parcelle de 10 hectares a été exploitée en juin-août 1976 par une société privée. En août-septembre 1976, cette surface a été étendue à 25 hectares par le CTFT (Centre Technique Forestier Tropical) de Kourou, de façon à éliminer les effets lisières. Une partie de cette zone a brûlé de façon accidentelle en octobre 1976. Les quatre stations d'étude ont été choisies dans cette parcelle ou à proximité (pour la station forestière) et toujours sur les promontoires. Les prélèvements effectués sur les pentes (très érodées) ou dans les talweg (très humides) n'ont pas permis de dégager des différences significatives (KILBERTUS, 1978).

1) Station 1 : station forestière

Cette station est située à 50 m au nord de la parcelle déboisée. La couverture végétale est de 100 %, celle des arbustes est comprise entre 50 et 60 %. La litière est présente.

Le peuplement de cette station forestière est caractérisé par une très grande diversité spécifique. Sur 4.000 individus ligneux de plus

Localisation des Stations



- Station ① : en forêt
- Stations ② et ③ : à gauche du layon 2, sur le plateau
- Station ④ : sur le chemin de débarquement

Erratum : lire : Chemin de débarquement

de 2 m, en moyenne à l'hectare, on ne rencontre pas moins de 250 espèces (J.C. Lescure, communication personnelle). Dans cette même forêt, les 1.135 individus répertoriés par PUIG (communication personnelle) se répartissent en 42 familles, dont 8 (Lecythydaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Chrysobalanaceae, Annonaceae, Clusiaceae, Sapotaceae, Myristicaceae) renferment 76 % des individus (36 % pour les seules Lecythydaceae et Caesalpiniaceae).

A cette flore arborescente il faut ajouter de nombreuses fougères épiphytes, des lianes, quelques plantes herbacées et de nombreuses bryophytes qui se développent essentiellement à la base des troncs et sur les souches.

2) Station 2 : station déboisée, non brûlée

Dans les zones non brûlées, sur le promontoire, d'abondants troncs morts, des branches et des brindilles recouvrent environ 60 % de la surface du sol. A partir des souches, on peut observer de nombreux rejets qui sont à l'origine d'une litière clairsemée.

Les arbres sont surtout représentés par *Cecropia obtusa* Tréc. et *C. sciadophylla* Mart. (Moraceae), *Isertia coccinea* (Aubl.) Gmel. (Rubiaceae) et *Visimia* sp. (Guttiferaceae) auxquels se joignent *Fagara* sp. (Rutaceae), *Solanum asperum* Rich. (arbustes Solanaceae), *Goupia glabra* Aubl. *Aegiphila racemosa* Vell. (Verbenaceae), *Laetia procera* (P. et E.) Eichler (Flacourtiaceae). Des lianes, *Passiflora glandulosa* Cav. (Passifloraceae), *Doliocarpus* sp. (Dilleniaceae) ainsi que des espèces herbacées, *Diplasia karataefolia* Rich. (Cyperaceae), *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link (Pteridaceae) *Ageratum conyzoides* L. (Composeae) etc. se retrouvent sur les troncs et le sol.

3) Station 3 : station déboisée, brûlée

Sur cette station d'aspect très uniforme, il reste de nombreuses souches calcinées. La couverture des arbustes est comprise entre 2 et 5 %. Elle est essentiellement constituée par *Cecropia obtusa* Tréc. La strate herbacée est représentée par une fougère : *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link et dans les endroits plus ou moins ombragés par une bryophyte : *Bryum coronatum* Schwaegr. qui se développe sur les débris calcinés des arbres.

4) Station 4 : chemin de débardement

Ces chemins constituent à eux seuls des stations particulières, car quelle que soit leur exposition, le développement de la végétation est très réduit (parfois un peu d'herbe rasoir : *Scleria* sp.).

DONNEES CLIMATOLOGIQUES ET PEDOLOGIQUES

Le climat est de type équatorial à deux saisons, avec exposition aux alizés de secteur est dominant. La saison sèche se situe entre août et novembre, la saison humide de décembre à juillet. La durée et la sévérité de ces saisons sont variables.

A titre indicatif on peut signaler que les précipitations au cours de l'année 1977 ont été de l'ordre de 3.450 mm. Le total des pluies varie selon les années de 2.500 mm à plus de 4.000 mm alors que l'humidité relative de l'air est en moyenne de 88 %. Enfin, les températures sont constantes et généralement comprises entre 26 et 28° C.

La roche mère est constituée par des schistes sériciteux ou micacés avec des filons de quartzite. La couche arable, peu épaisse (entre 5 et 10 cm) repose sur un horizon nodulaire constitué par des concrétions ou nodules ferrugineux. Ces sols guyanais sont caractérisés par une extrême variabilité des pédoclimats, se traduisant par une granulométrie variable. On peut enfin signaler que plus de 80 % des racines se situent dans la tranche de 0 à 20 cm du sol, ce qui se traduit par un effet rhizosphère important. (Données fournies par le centre ORSTOM de Cayenne en 1977).

MATERIEL ET METHODES

1) *Microflore totale*

Pour réaliser la numération des bactéries, les dilutions de suspensions sont ensemencées sur « Nutrient broth BBL » gélosé à 15 g d'agar par litre (Nutrient broth : Peptone trypsique de caséine, 2,5 g ; peptone pepsique de viande, 2,5 g ; extrait de viande de bœuf, 3 g ; pour un litre d'eau). Les champignons sont isolés sur malt-gélosé (Extrait de malt, 15 g ; agar, 15 g ; eau distillée, 1.000 ml).

2) *Détermination des germes*

a) Bactéries

Après avoir noté les caractéristiques culturales des colonies, nous avons appliqué la coloration de Gram à chaque germe isolé et celle des spores pour les procaryotes Gram positif. Les microorganismes mobiles ont subi la coloration négative (2mn dans l'acide phosphotungstique à 2 %) et ont été observés en microscopie électronique à transmission pour la mise en évidence des flagelles.

Les tests biochimiques ont été appliqués suivant les indications fournies par le « *Bergey's manual of determinative bacteriology* » (BUCHANAN et GIBBONS, 1974).

b) Champignons

Ces eucaryotes ont été déterminés à l'aide des ouvrages de BARRON (1968) et GILMAN (1957).

3) Activités biologiques

Les germes protéolytiques ont été recherchés sur milieu de PROTH *et al* (1976) et les microorganismes lipolytiques sur milieu SETA (MOUREY et KILBERTUS, 1975). L'activité lipolytique a en outre été mesurée à pH constant, selon la technique décrite par MOUREY (1979). Compte tenu des pH très bas observés ici, les résultats donnés sont corrigés pour tenir compte de la dissociation incomplète de l'acide butyrique à ces pH.

RESULTATS

1) Microflore totale

Les résultats obtenus montrent qu'au cours de la saison humide les nombres de microorganismes ne diffèrent pas beaucoup d'une station à l'autre (tableau 1).

TABLEAU 1

Nombre de germes x 10⁶ par g de sol sec à 105°C.
Moyenne de 10 boîtes

Stations	Saison sèche	Saison humide
1. Forêt	12,9	4,3
2. Déboisé, non brûlé	3,4	4,8
3. Déboisé, brûlé	10,8	3,2
4. Chemin	1,0	3,2

Les variations sont plus importantes durant la saison sèche. Dans les stations 4 (chemin de débardement) et 2 (déboisé non brûlé) la microflore est respectivement 12 et 4 fois inférieure à celle de la station boisée 1. Par contre, le nombre de germes de la station 3 (déboisé brûlé) est très proche de celui du sol forestier. Ce résultat peut être attribué à l'apport d'éléments minéraux, suite à l'action du feu.

2) *Évolution qualitative de la flore fongique (tableau 2)*

TABLEAU 2

Champignons rencontrés et classés en fonction de leur apparition dans les stations

+ : présent, — : absent

Espèces isolées	1. Forêt	2. Non brûlé	3. Brûlé	4. Chemin de débarquement
<i>Diheterospora catenularia</i>	+	—	—	—
<i>Mucor sp.</i>	+	—	—	—
<i>Phoma sp.</i>	+	+	—	—
<i>Penicillium sp. 1</i>	+	+	+	+
<i>Penicillium sp. 2</i>	+	+	+	+
<i>Trichoderma sp.</i>	+	+	+	—
<i>Alternaria sp.</i>	+	—	+	—
<i>Paecilomyces sp.</i>	+	—	+	—
<i>Cladosporium sp.</i>	+	—	+	—
<i>Ulocladium sp.</i>	+	—	+	—
Mycélium blanc stérile	+	—	+	—
Mycélium brun stérile	—	+	+	—
<i>Chaetomium sp.</i>	—	—	+	—
<i>Aspergillus sp. 1</i>	—	—	+	—
<i>Aspergillus sp. 2</i>	—	—	+	+
<i>Aspergillus sp. 3</i>	—	—	—	+
<i>Fusarium solani</i>	—	—	—	+

Il ne nous a pas été possible de dégager des différences entre saisons et les fréquences d'apparition sont très variables, ce qui résulte certainement du mode de sporulation des microorganismes.

Cependant, certaines espèces (le mycélium brun stérile, *Aspergillus sp.* 1 et *sp.* 2, *Fusarium solani*, *Chaetomium sp.*) n'ont été rencontrées que dans les zones déboisées, alors que d'autres, plus rares (*Diheterospora catenularia* et *Mucor sp.*) n'ont été isolées qu'à partir des sols forestiers. Les *Penicillium* ont été rencontrés dans les deux types de stations. Les deux parcelles déboisées, 2 (non brûlée) et 4 (chemin de débarquement) sont moins riches en espèces que les deux autres : 5 contre 11 en forêt et 12 dans la zone brûlée.

3) Evolution qualitative de la flore bactérienne (tableau 3)

TABLEAU 3

Bactéries présentes dans les stations au cours de la saison sèche (SS) et de la saison humide (SH)

Espèces isolées	1. Forêt		2. Non brûlé		3. Brûlé		4. Chemin de débarquement	
	SS	SH	SS	SH	SS	SH	SS	SH
<i>Bacillus sp.</i>	—	—	—	+	+	+	+	+
<i>B. cereus</i>	—	+	—	!+	—	—	—	+
<i>B. brevis</i>	+	—	+	—	—	—	—	—
<i>B. subtilis</i>	+	—	—	—	+	—	—	—
<i>B. licheniformis</i>	—	—	+	—	—	+	—	—
<i>Micrococcus varians</i>	+	+	+	—	—	—	—	—
<i>Arthrobacter sp.</i>	+	+	+	+	—	—	+	+
<i>Nocardia sp.</i>	—	—	—	—	—	+	—	—
Actinomycètes	—	+	—	+	—	+	—	+
<i>Chromobacterium violaceum</i>	+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Flavobacterium Gram — immobile sp.</i>	—	+	—	+	—	+	—	+
biles	+	+	+	+	+	—	+	+

Au cours de la saison humide, les seules différences entre les stations forestières et les parcelles déboisées 2 et 4, sont la présence de *Micrococcus varians* uniquement dans le sol forestier, et de *Bacillus sp.* seulement dans les sols de la station déboisée non brûlée et du chemin de charriage. Toutes les autres espèces ont été retrou-

vées dans les trois stations. Par contre, la parcelle 3 (déboisée, brûlée) se démarque des précédentes : les seules espèces communes avec le sol de la forêt sont des Actinomycètes et *Flavobacterium sp.*, alors que *Bacillus sp.*, *B. licheniformis* et *Nocardia* ne sont retrouvés que dans cette zone déboisée brûlée.

Durant la saison sèche, la station 2 mise à part, le nombre des espèces rencontrées uniquement dans la forêt augmente sensiblement alors qu'une seule espèce de *Bacillus* est isolée dans la parcelle déboisée brûlée et le chemin.

En conclusion (tableau 4), on peut estimer que les différences entre les stations 1 (forêt) et 2 (déboisée non brûlée) ne sont que de nature quantitative. Les espèces les plus abondantes se retrouvent dans les deux zones avec des fréquences variables. Notons toutefois quelques exceptions, *Bacillus sp.* et *B. licheniformis* ne sont trouvés que dans les zones déboisées alors que *B. subtilis* et *Chromobacterium violaceum* n'ont été isolés que sous les arbres.

Ces faibles modifications peuvent s'expliquer par la persistance dans la station 2 de très nombreux troncs ainsi que par l'apparition de rejets sur les souches, lesquels contribuent à alimenter le sol en matière organique.

Lorsque cette source de substance organique a disparu (chemin de débardement), les modifications spécifiques s'accroissent au cours de la saison sèche et le nombre des espèces présentes dans ce biotope diminue. Par contre, durant la saison humide, la composition microbienne de ce sol redevient identique à celle de la station déboisée non brûlée ce qui laisse supposer que le sol du chemin de débardement a conservé son potentiel microbien, ce dernier étant moins perceptible en l'absence de pluies.

Enfin, la station 3 (brûlée) présente une situation particulière. Si sa composition microbienne est pauvre et comparable à celle de la station 4 au cours de la saison sèche, elle s'écarte de celle-ci et de celle de la station forestière lors de la saison humide. Le nombre des espèces propres à cette station augmente, les *Arthrobacter* caractérisant tous les autres sols ne sont plus isolés et les germes Gram négatif immobiles sont pratiquement absents au cours de la saison humide. L'action du feu se manifeste donc par une réduction des espèces communes aux zones déboisée et non déboisée.

Ces modifications, si minimes soient-elles, traduisent l'amorce d'un changement microbiologique, la persistance de certains germes pouvant être attribuée non pas à la présence de sources trophiques

TABLEAU 4

Comparaison des flores bactériennes entre le sol forestier et les sols des zones déboisées

1 : forêt, 2 : déboisé non brûlé, 3 : déboisé brûlé, 4 : chemin de débardement

Comparaisons		1	2	1	3	1	4
Saison sèche	Espèces présentes dans l'une des deux stations	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Bacillus brevis</i> <i>Micrococcus varians</i> <i>Chromobacterium violaceum</i> <i>Arthrobacter sp.</i>	<i>Bacillus sp.</i>	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Chromobacterium violaceum</i> <i>Micrococcus varians</i> <i>Bacillus brevis</i>	<i>Bacillus sp.</i>
	Espèces communes aux deux stations	<i>Bacillus brevis</i> <i>Micrococcus varians</i> <i>Arthrobacter sp.</i> Gram - immobiles		<i>Bacillus subtilis</i> Gram - immobiles		<i>Arthrobacter sp.</i> Gram - immobiles	
Saison humide	Espèces présentes dans l'une des deux stations	<i>Micrococcus varians</i>	<i>Bacillus sp.</i>	<i>Bacillus cereus</i> <i>Micrococcus varians</i> <i>Arthrobacter sp.</i> Gram - immobiles	<i>Bacillus sp.</i> <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Nocardia sp.</i>	<i>Micrococcus varians</i>	<i>Bacillus sp.</i>
	Espèces communes aux deux stations	<i>Bacillus cereus</i> <i>Arthrobacter sp.</i> Actinomycètes <i>Flavobacterium sp.</i> Gram - immobiles		Actinomycètes <i>Flavobacterium sp.</i>		<i>Bacillus cereus</i> <i>Arthrobacter sp.</i> Actinomycètes <i>Flavobacterium sp.</i> Gram - immobiles	

en quantité suffisante mais aux mécanismes de protection (endospores, protection par les argiles, etc.) présents dans ces biotopes. Ces transformations ne pourront s'amplifier et devenir irréversibles que si l'on empêche le reboisement durant une période plus ou moins longue.

4) *Activité protéolytique* (tableau 5)

TABLEAU 5

Numération des germes protéolytiques, avril 1979
Nombre de germes x 10⁶ par g de sol sec à 105° C

Stations	Boîtes					Moyennes
	1	2	3	4	5	
1. Forêt	1,2	2,6	3,9	2,6	5,2	3,1
2. Déboisé, non brûlé	1,4	2,8	1,4	5,7	8,5	3,9
3. Déboisé, brûlé	4,1	0	2,7	5,5	—	3,1
4. Chemin de débardement	1,3	0	5,3	4,0	1,3	2,4

Les relevés effectués au cours de la saison sèche (octobre 1979) n'ont pas permis de mettre en évidence des germes protéolytiques sur le milieu utilisé. Par contre, au cours de la saison humide (avril 1979) cette activité s'est traduite par la présence de nombreuses colonies produisant des auréoles dans les différentes stations. La parcelle la moins riche est le chemin de débardement.

5) *Activité lipolytique* (tableau 6)

TABLEAU 6

Activité lipolytique exprimée en nombre de ml de soude 0,01 N pour neutraliser l'acidité apparue en 10 mn à 37° C avec 1 g de sol séché à 105° C. Avril 1979

Stations	Humidité %	pH	Activité
1. Forêt	14,9	4,9	0,43
2. Déboisé, non brûlé	11,4	5,2	0,28
3. Déboisé, brûlé	6,7	5,8	0,12
4. Chemin de débardement	3,3	5,7	0,09

Aucun microorganisme lipolytique n'a pu être détecté sur milieu de culture. C'est pourquoi nous avons essayé de préciser ces résultats en mesurant l'activité lipolytique à l'aide d'un pH stat. Ces mesures nous ont confirmé la faible activité de ces sols. Cette dernière, encore perceptible dans le milieu forestier, diminue dans les autres parcelles pour devenir presque nulle dans le chemin de débardement.

Remarquons en outre que dans ce cas, les dosages directs de l'activité enzymatique du sol sont plus sensibles que les numérations des microorganismes.

Le fait de ne pouvoir mettre en évidence, dans ces sols, aucun microorganisme lipolytique est par ailleurs remarquable car pour d'autres sols (HANKIN *et al.* 1974 ; HANKIN et HILL, 1978 ; MOUREY *et al.* 1974), leur nombre est très important.

CONCLUSIONS

Pendant la saison sèche, l'effet de la suppression du couvert forestier est perceptible dans les sols de la station déboisée non brûlée et du chemin de charriage. Par contre, durant la saison des pluies, les différences sont insignifiantes.

La modicité de ces modifications peut être attribuée à plusieurs facteurs :

- une quantité importante d'éléments minéraux résultant de la calcination des arbres dans la station 3,
- la persistance d'une végétation herbacée et surtout la présence de très nombreux troncs morts sur les parties non brûlées. Ces derniers, décomposés par les champignons comme en témoigne la présence de très nombreux carpophores, relâchent certainement des quantités importantes de substances organiques qui constituent autant d'aliments pour la microflore tellurique.

La suppression de la forêt n'a donc pas éliminé totalement les sources trophiques indispensables aux microorganismes, sauf dans la station 4 (chemin). Mais l'étroitesse de cette dernière rend possible l'invasion permanente par l'intermédiaire des eaux de pluie.

L'élimination de la forêt se traduit surtout par des modifications d'ordre qualitatif, certaines espèces fongiques ou bactériennes disparaissant dans les zones déboisées pour être remplacées par des germes nouveaux. Elle est en particulier caractérisée, pour l'ensemble des stations déboisées, par l'apparition en nombres élevés au cours de

la saison des pluies d'espèces observées, durant la saison sèche, uniquement dans le sol forestier.

Ces expériences prouvent que même après deux années de déboisement, les sols déboisés n'ont pas perdu leur potentiel microbiologique et que les associations microbiennes présentes sont encore susceptibles de décomposer les litières forestières. C'est ce que nous allons tenter de confirmer en étudiant la cellulolyse, la chitinolyse et la ligninolyse dans ces stations.

Université de Nancy I
Laboratoire de Botanique et de Microbiologie
Centre du 2^e cycle, C.O. 140
54037 Nancy (France)
et M.F. PREVOST
O.R.S.T.O.M.
B.P. 165
97301 Cayenne (Guyane française)

SUMMARY

A. Microbiological activities of soils from 4 tropical forest or deforested plots in French Guyana were studied. Total, proteolytic and lipolytic microorganisms were enumerated and lipolytic activities measured. Results showed a seasonal and stationnal variation of bacterial flora but fungal flora was more stable between plots. Clear cutting influed mainly on the qualitative composition of soil microflora during the dry season. Two years afters deforestation, soils had kept their microbiological potential.

BIBLIOGRAPHIE

- BARRON G.L. (1968). — The genera of hyphomycetes from soil, 364 pages. *The Williams and Wilkins Company, Baltimore.*
- BUCHANAN R.E., GIBBONS N.E. (1974). — *Bergey's manual of determinative bacteriology*, 8^e édition, 1.246 pages. *The Williams and Wilkins Company, Baltimore.*
- GILMAN J.C. (1957). — A manual of soil fungi, 2^e édition, 450 pages. *The Iowa state University Press, Ames.*
- HANKIN L., SANDS D.C., HILL D.E. (1974). — Relation of land use to some degradative enzymatic activities of soil bacteria. *Soil Sci.*, 118 (1), 23-44.

- HANKIN L., HILL D.E. (1978). — Proportion of bacteria in agricultural soils able to produce degradative enzymes.
Soil sci. 126 (1), 40-43.
- KILBERTUS G. (1978). — Microbiologie du sol en Guyane française, 53 pages.
Université de Nancy I.
- LOFTY J.R. (1974). — Oligochaetes, 467-488, in DICKINSON C.H., PUGH G.J.F., *Biology of plant litter decomposition, II.*
Academic Press, London.
- MADGE D.S. (1965), *Pedobiologia*, 9, 188-214. cité par LOFTY J.R. (1974). — Oligochaetes, 467-488, in DICKINSON C.H., PUGH G.J.F., *Biology of plant litter decomposition, II.*
Academic Press, London.
- MOUREY A., KILBERTUS G., MANGENOT F. (1974). — Les microorganismes et l'activité lipolytique dans les sols.
Bull. Ecol. 5 (4), 351-356.
- MOUREY A., KILBERTUS G. (1975). — Simple media containing stabilized tributyrin for demonstrating lipolytic bacteria in foods and soils.
J. appl. Bact. 40, 47-51.
- MOUREY A. (1979). — Application d'une méthode de dosage de l'activité lipolytique à pH constant à quelques sols de prairies.
Bulletin de l'E.N.S.A.I.A., XXI, (1-2), 61-65.
- PROTH J., MOUREY A., KILBERTUS G. (1976). — Milieux à base de poudre de muscle pour la numération des microorganismes protéolytiques.
Experientia, 32, 1524-1525.
- WILLIAMS S.T., GRAY T.R.G. (1974). — Decomposition of litter on the soil surface, 611-632, in DICKINSON C.H., PUGH G.J.F., *Biology of plant litter decomposition, II.*
Academic Press, London.
-