

ACTIVITÉS BIOLOGIQUES DANS LES SOLS TROPICAUX (GUYANE FRANÇAISE ET RÉPUBLIQUE DE CÔTE-D'IVOIRE*) DÉCOMPOSITION DES TISSUS LIGNIFIÉS

par G. KILBERTUS, E. KIFFER, F. MANGENOT
et M. F. ARNOULD

Laboratoire de Botanique et Microbiologie, Université de Nancy I

SUMMARY

BIOLOGICAL ACTIVITIES IN TROPICAL SOILS (FRENCH GUYANA AND THE IVORY COAST REPUBLIC) THE DECOMPOSITION OF LIGNIFIED TISSUES

Decomposition of lignified materials was investigated in two tropical countries : French Guyana and Republic of Ivory Coast. The intensity of decomposition was assessed by loss of weight. After 10 months, more than 70 % of the sawdust used as test material had disappeared. In America, biodegradation by the soil microflora alone was compared with the action of both microflora and mesofauna. Total microflora was enumerated in Guyana, and the mycofloras of the two series of soils were compared. Different steps of biodegradation were also observed by Electron Microscopy.

RESUMEN

« ACTIVIDADES BIOLÓGICAS EN LOS SUELOS TROPICALES (GUAYANA FRANCESA Y REPUBLICA DE COSTA DE MARFIL) DESCOMPOSICION DE LOS TEJIDOS LIGNIFICADOS »

La descomposición de los tejidos lignificados ha sido estudiada en dos países tropicales, la Guayana Francesa y la República de Costa de Marfil. La velocidad de descomposición ha sido medida por pérdida del peso. Tras 10 meses, más de un 70 % del serrín utilizado ha desaparecido. Esta biodegradación ha sido controlada, en América, teniendo presente el impacto de la microflora únicamente o bien, de la microflora y de la fauna telúrica. Ha sido investigada la microflora total (en Guayana) y la microflora ha sido comparada en las dos categorías de estaciones.

Finalmente, se han seguido las distintas etapas de la biodegradación de los tejidos lignificados por medio de un microscopio electrónico.

* Cet article fait partie d'une étude d'ensemble comprenant aussi la chitinolyse et la cellulolyse.

Ligninolyse en sols tropicaux

Les lignines sont des polymères aromatiques de poids moléculaire élevé, composés d'unités phénylpropane diversement substituées et dont la décomposition, même par des champignons lignivores puissants, est lente, car elles constituent un aliment médiocre.

Leur biodégradation se réalise sous l'action des pourritures molles; des pourritures brunes et des pourritures blanches et les effets de ces agents sont spécifiques.

Les pourritures blanches (Basidiomycètes et Ascomycètes) qui produisent des enzymes extracellulaires du type laccase et peroxydase, décolorent le substrat en utilisant à des vitesses différentes les polysides et la lignine. Il en résulte généralement une masse fibreuse conservant une charpente cellulosique, avec apparition d'acides vanillique, syringique et para-hydroxybenzoïque, et des aldéhydes et alcools correspondants.

Les pourritures brunes (Basidiomycètes) possèdent une activité laccase et tyrosinase intracellulaire n'agissant qu'après la lyse du mycélium.

Les pourritures molles (Actinomycètes et Champignons Imparfaites), en dégradant progressivement

les fractions glucidiques, transforment le matériel végétal en une masse noirâtre et inorganisée. Leur principal effet est une déméthoxylation de la lignine résiduelle avec apparition de substances brunes, riches en azote et plus ou moins assimilables aux acides humiques.

L'altération de la lignine constitue donc un phénomène complexe et l'interaction de ces différents groupes de champignons est directement liée à certains facteurs écologiques. Ainsi les pourritures blanches interviennent efficacement en conditions aérobies, lorsque les teneurs en eau sont voisines de 70 % (MANGENOT, 1966) et à des températures inférieures à 30 °C. Les pourritures molles se rencontrent de façon préférentielle dans les bois se rencontrant de façon préférentielle dans les bois humides et souvent à des températures comprises entre 28 et 34 °C (DUNCAN, 1959).

C'est pourquoi, en nous plaçant dans des conditions d'humidité proches de la saturation et à des températures élevées, nous espérons, en utilisant les techniques microbiologiques classiques et la microscopie électronique, contribuer à l'étude de la ligninolyse dans les pays tropicaux, en mettant en évidence les microorganismes responsables ainsi que leurs modalités d'attaque.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

STATIONS

Amérique. Guyane Française.

a) ARBOCEL 1.

Située à 20 km environ au N-O de Sinnamary, cette station forestière est peuplée essentiellement d'espèces appartenant aux familles des Lecythidaceae, Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Chrysobalanaceae, Annonaceae, Clusiaceae, Sapotaceae et Myristicaceae (PUIG, comm. pers.).

Reposant sur schistes sériciteux ou micacés avec filons de quartzite, le sol, de pH 4,9 contient 10,61 % de matière organique entre — 3,5 et 6 cm.

b) ARBOCEL 2.

A 100 m de la première, cette parcelle, déboisée en 1976, a été recolonisée essentiellement par *Cecropia obtusa* et *Iserlia coccinea*. De pH 5,2, et contenant 9,47 % de M. O. entre — 3,5 et — 6 cm, cette station est caractérisée par la présence de nombreux troncs morts.

c) ARBOCEL 3.

Voisine de Arbocel 2, cette station a été ravagée par le feu, fin 1976. Son pH est de 5,8 et sa

teneur en M. O. entre — 3,5 et — 6 cm est de 7,21 %.

d) ARBOCEL 4.

Cette station est représentée par les chemins de débardage, dépourvus de toute végétation. Le pH du sol est de 5,7.

Afrique.

ANGUEDEDOU (COTE-D'IVOIRE).

C'est une forêt à *Turraeanthus africana* et *Heisteria parvifolia*, sur sable tertiaire. De pH 7,9, ce sol contient 26 ‰ de C et 1,7 ‰ de N.

AZEGUIÉ.

C'est la forêt sempervirente du Téké, très secondarisée, à *Diospyros*, *Tarrietia* et *Mapania*. Le sol, également de texture sableuse, acide (pH 4,0), contient 17 ‰ de C et 1,1 ‰ de N.

LAMTO 1.

C'est une forêt de plateau à *Celtis-Triplochiton*, très dégradée. La présence de rôniers permet de penser qu'elle résulte d'un reboisement assez récent. De texture sableuse, le sol a un pH de 6,6.

LAMTO 2.

Cette forêt-galerie du Bandama se développe

sur un sol à texture sablolimoneuse, de pH 5,0. Le taux de C est de 19,4 ‰ et celui de N de 1,6 ‰.

LES PIÈGES ET LEUR EXPLOITATION

Sciure utilisée.

Compte tenu de la diversité des espèces présentes, et des différences spécifiques entre les parcelles américaines et africaines, il nous était impossible de choisir une espèce tropicale représentative des biotopes retenus pour l'étude de la ligninolyse dans ces pays. Et c'est également la très grande variabilité chimique des lignines (DOMMERMUES et MANGENOT, 1970) qui nous a conduit à choisir la sciure de Hêtre déjà bien étudiée (MANGENOT et KIFFER, 1972) et dont l'utilisation permettait de comparer l'efficacité des micro-organismes des sols de multiples stations à un matériel standard de référence.

La sciure, avant incorporation dans les pièges, a été traitée de la manière suivante :

- stérilisation à l'autoclave, 1 h à 120 °C (dans 10 fois son poids d'eau),
- lavage à froid par l'eau distillée jusqu'à obtention d'un effluent incolore,
- séchage à l'air,
- tamisage (maille 0,22 mm) destiné à éliminer les particules les plus fines.

Les pièges.

GUYANE.

Les dispositifs expérimentaux sont comparables à ceux utilisés par KILBERTUS *et al.* (1980) au cours d'une étude sur la chitinolyse en Guyane Française. Ils sont constitués par des cylindres de plastique de 2 cm de hauteur sur 5 cm de diamètre. Une série est fermée à la partie supérieure par un treillis plastifié à maille de 1 mm, permettant l'action conjointe de la mésofaune et de la microflore (pièges $\mu + A$) ; une autre est recouverte de toile à bluter à maille de 72 μm qui ne permet que la seule action de la microflore (pièges μ seuls) ainsi que nous l'avons vérifié en microscopie électronique.

Dans chacune des stations, nous avons déposé, à 5 cm de profondeur, 12 pièges de chaque type, et nous avons effectué les prélèvements après 1, 4, 7 et 12 mois.

RÉPUBLIQUE DE COTE-D'IVOIRE.

Une première série de sachets en tissu de verre ayant été endommagée par la faune, nous avons par la suite réalisé des pièges en toile métallique d'acier inoxydable, de maille 0,1 mm. Les sachets carrés, de 5 cm de côté, ont également été déposés à 5 cm de profondeur dans le sol, et à 1 m les uns

des autres. 10 pièges ont été ainsi disposés dans chaque station.

Traitement des sciures.

PERTES DE POIDS.

Dans les deux catégories de stations, nous avons déterminé les pertes de poids après la période d'incubation :

- 10 mois dans les sols africains,
- 1, 4, 7 et 12 mois en Guyane Française.

ETUDES MICROBIOLOGIQUES.

A partir des relevés américains, nous avons étudié, après 4 mois d'incubation, dans chaque catégorie de pièges, la microflore totale par suspension-dilution sur gélose nutritive (8 g de Nutrient Broth, 15 g de gélose pour 1 l d'eau) et dénombré les Actinomycètes sur milieu de Pridham. Une autre partie de la sciure de Guyane a été incubée en chambre humide durant 1 mois, et les champignons se développant sur ce substrat ont été étudiés sur les prélèvements des 1^e, 4^e et 7^e mois. Les quantités de matériel subsistant après 12 mois ne permettaient plus cette expérience.

A titre de comparaison, nous avons également reproduit les listes de champignons obtenus *in vitro* à partir des sols africains. La méthode utilisée (MANGENOT et KIFFER, 1972) consiste à placer le sol à étudier en bocal, à raison d'environ 125 ml, et à déposer dessus un nouet de tissu de verre contenant 8 g de sciure de hêtre lavée et stérilisée. Des observations périodiques ont permis l'examen des champignons qui, à partir du sol, ont colonisé la sciure.

ÉTUDE EN MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE.

Une fraction des résidus de sciure de Guyane, subsistant après 1,4 et 7 mois, a été traitée en vue de leur examen en microscopie électronique.

Après fixation à l'OsO₄ durant 1 h 30, déshydratation à l'acétone et dessèchement au point critique, les échantillons ont été métallisés à l'or puis observés en microscopie électronique à balayage.

Les échantillons destinés au microscope électronique à transmission ont également été fixés à l'OsO₄ durant 1 h 30, déshydratés à l'éthanol, puis inclus dans l'Epon. Les coupes fines obtenues ont été contrastées au citrate de plomb (REYNOLDS, 1963).

RÉSULTATS

PERTES DE POIDS ET VITESSE DE LA DÉCOMPOSITION EN GUYANE

Cette étude a été réalisée sur une période de 12 mois. Au cours de ces expériences nous avons également tenté de saisir l'influence de la mésofaune sur la vitesse de la décomposition de la sciure de hêtre.

Activité microbienne seule (= μ seul) (fig. 1).

Après un mois d'incubation, il n'y a que 6 % des tissus lignifiés qui ont disparu dans la station A3, 9 % en A4 et 14 % en A1 et A2. Les pertes restent faibles, après 4 mois, dans les deux premiers sols dépourvus de végétation (21 % en 3 et 18 % en 4) mais elles s'accroissent dans les deux autres parcelles : 78 % de décomposition dans le sol forestier et 76 % dans le sol de la station déboisée mais supportant d'abondants troncs morts.

On peut supposer que la présence d'abondants troncs morts, aussi bien en forêt que dans la parcelle déboisée, non brûlée, contribue à maintenir dans le sol, une flore ligninolytique importante. Le résultat de l'élimination totale (ou presque) des débris ligneux par le feu (A3) ou les engins (A4) se traduit donc par une diminution importante des microorganismes susceptibles de dégrader la sciure, mais

non par leur disparition totale. Il en résulte qu'une concentration locale de tissus ligneux entraîne, après un temps de latence plus ou moins long, le développement de la flore spécialisée dans la décomposition de cette substance. C'est ce que semblent prouver les observations après 7 mois d'incubation : les pertes sont alors comprises entre 77 et 81 %, sauf dans les pièges du chemin de débardement : 54 %.

Après une année les pertes n'ont plus progressé de manière spectaculaire et il subsiste entre 11 et 16 % de matière dans les stations 1, 2 et 4 et encore 32 % dans la station brûlée 3.

Activité microbienne et animale (= $\mu + A$) (fig. 2).

Contrairement aux résultats attendus, les pourcentages de décomposition sont moindres que dans le cas précédent : après un mois, les organismes présents n'ont utilisé que 4 à 6 % de la sciure contenue dans les pièges. Même après 4 mois d'incubation les pertes sont encore négligeables dans les parcelles 3 et 4 (respectivement 2 et 3 % contre 21 et 17 % en l'absence d'animaux) et nettement

FIG. 1

Activité biologique : LIGNINE

Microorganismes seuls

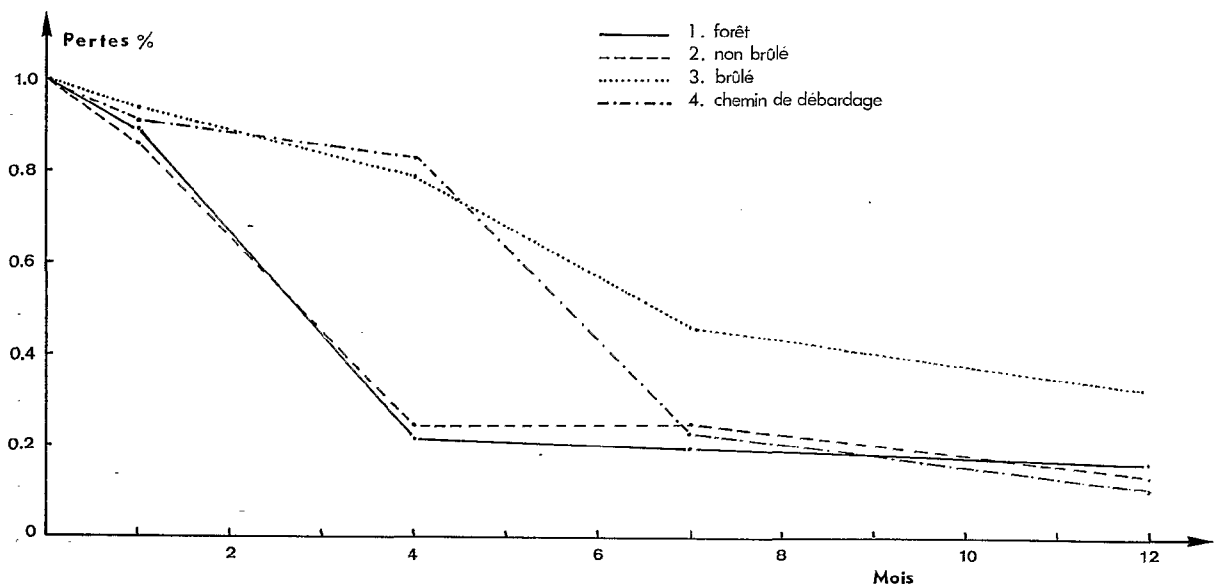
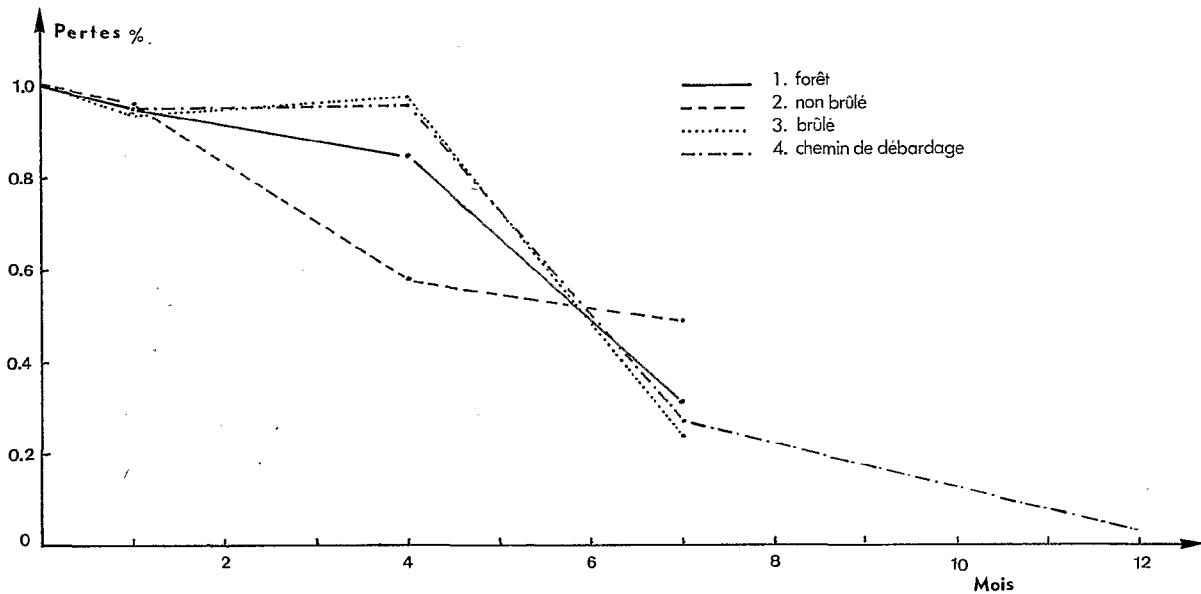


FIG. 2

Activité biologique: LIGNINE

Microorganismes + Animaux



moindres dans les sols 1 et 2 (15 et 42 % contre 55 et 76 % précédemment). Ces résultats sont parallèles aux précédents et ils confirment le rôle important joué par la présence de tissus ligneux morts sur l'activité des germes du sol, en particulier dans la station 2.

Comme précédemment la décomposition s'accélère entre le 4^e et le 7^e mois d'incubation et les quantités de substances qui ont disparu sont comprises entre 51 et 76 %.

Après une année, les contaminations par les particules de sol ont rendu les interprétations délicates. Seule la station 4 a encore pu être analysée et il n'y subsiste plus que 4 % de la sciure initialement présente.

Les résultats exposés ici n'ont pas pris en compte un facteur important intervenant dans la décomposition du bois dans les pays tropicaux : les termites.

Ces insectes, bien que présents dans la forêt guyanaise, ne sont jamais intervenus dans la biodégradation des sciures présentes dans nos pièges, comme en témoigne l'absence de perforations ou de déchirures dans les tissus recouvrant ces dispositifs. Cependant dans d'autres conditions, ils ne peuvent que contribuer à accélérer un processus pourtant déjà très rapide.

Dans le cadre de l'expérience présente, la présence des insectes telluriques a, en apparence, un effet inverse, en ce sens qu'elle freine la dégradation. En l'absence d'autres données, nous ne pouvons attribuer ce phénomène qu'à la consommation de cellules microbiennes et principalement d'hyphes fongiques par la faune, ce qui ralentit la biodégradation par les microorganismes. Un phénomène semblable a été rencontré lors de l'étude de la chitinolyse dans ces pays (KILBERTUS *et al.*, 1980).

PERTES DE POIDS EN RÉPUBLIQUE DE CÔTE-D'IVOIRE (tableau 1).

Après la période d'étude, les pourcentages de disparition de sciure sont voisins dans les quatre stations africaines : ils sont compris entre 73 et 88,6 %, et aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence. La décomposition des tissus ligneux dans les pays tropicaux semble être moins influencée par les paramètres

telluriques que par les conditions climatiques qui accélèrent les processus de décomposition biologique. Une expérience réalisée par MANGENOT et KIEFFER (1972) confirme cette hypothèse : l'activité biologique globale d'un sol tropical (Ndjili : Zaïre) maintenu à 20-22 °C n'est pas supérieure à celle d'un sol à mull des zones tempérées : les pertes de

TABLEAU 1

DISPARITION DE LA SCIURE DANS LES PIÈGES INCUBÉS EN RCI.
PERTES DE POIDS EN %, APRÈS 10 MOIS,
PAR RAPPORT A LA QUANTITÉ DE SCIURE INITIALEMENT PRÉSENTE

Stations	Pièges : pertes en %										Moyennes
Anguededou	80	72	54	63	79	91	74	71	83	90	75,7 ± 10,9
Azeguie	95	88	90	88	88	94	83	91	81	88	88,6 ± 4,40
Lamto 1	95	67	80	68	87	94	93	92	53	87	81,7 ± 17,91
Lamto 2	76	83	97	90	71	36	60	83	71	63	73,0 ± 16,49

poinds enregistrées dans ces conditions sont de l'ordre de 46,5 % après 18 mois d'étude, chiffres

comparables à ceux obtenus avec des sols français incubés dans les mêmes conditions.

MICROFLORE TOTALE

TABLEAU 2

MICROFLORE TOTALE ET ACTINOMYCÈTES ÉNUMÉRÉS DANS LES PIÈGES DE GUYANE,
APRÈS 4 MOIS D'INCUBATION *in situ* : μ SEULS : MICROORGANISMES SEULS, $\mu + A$:
MICROORGANISMES PLUS ANIMAUX

Stations	1. Forêt		2. Non brûlé		3. Brûlé		4. Chemin	
	μ seuls	$\mu + A$	μ seuls	$\mu + A$	μ seuls	$\mu + A$	μ seuls	$\mu + A$
Bouillon nutritif gélosé $\times 10^4$ bactéries/g sciure	30 5 10	7 5 9	40 50 60	8 5 12	10 10 10	5 10 7	10 20 0	2 1 6
Moyennes	15,0	7,0	50,0	8,3	10,0	6,33	10,0	3,0
Actinomycètes $\times 10^4$ /g sciure	0	0	0	0	0	1	35	5
Milieu de Pridham	1 2	1 1	0 0	1 0	0 0	0 0	21 0	1 3
Moyennes	1,0	0,6	0	0,3	0	0,3	18,6	3,0

Les microorganismes sont généralement plus nombreux dans les pièges incubés dans les sols 1 (forêt) et 2 (non brûlé), ce qui confirme les résultats que nous avons obtenus avec les pertes de poids dans les pièges « μ seuls » (tableau 2).

Dans les pièges $\mu + A$, les observations sont similaires. Cependant les différences sont moins importantes que précédemment. Enfin, les chiffres obtenus sont toujours inférieurs à ceux constatés dans les dispositifs ne permettant que la seule action des microorganismes. Ces résultats qui vont

dans le même sens que ceux que nous avons obtenus auparavant avec de la chitine (KILBERTUS *et al.*, 1980) peuvent s'expliquer à nouveau, du moins partiellement par la présence de la faune, les animaux telluriques exerçant une action modératrice sur la vitesse de biodégradation en prélevant des bactéries et des champignons à des fins trophiques.

Les dénombrements des actinomycètes ne révèlent une richesse en germes que dans la station 4, profondément remaniée, ce qui est conforme à nos précédents résultats (KILBERTUS *et al.*, 1980).

MYCOFLORE

En Guyane Française il est possible de distinguer deux stades bien définis dans la colonisation (tableau 3) :

— le premier correspond aux 4 premières semaines d'incubation : il est caractérisé dans toutes les stations, par la présence d'un mycélium hyalin

stérile et d'un champignon produisant des dictyospores noires. Ces espèces se retrouvent généralement dans les deux catégories de pièges ;

— après 4 mois d'incubation, la mycoflore se diversifie et les pièges à microorganismes seuls des stations 1 (forêt) et 2 (déboisée non brûlée) sont particulièrement riches en espèces : *Zancluspora* sp. ;

Brachysporiella gayana, *Dictyosporium* sp. ; *Paecilomyces* sp. et un mycélium brun stérile dans la parcelle forestière 1, et *Trichoderma pseudokoningii*, *Chloridium* sp., *Penicillium* sp., un mycélium hyalin bouclé et une espèce produisant des chlamydospores brunes dans la station 2.

Dans les pièges permettant l'action de la faune,

TABLEAU 3

MYCOFLORE GUYANE. CHAMPIGNONS OBSERVÉS SUR LA SCIURE DES PIÈGES APRÈS 15 JOURS D'INCUBATION EN CHAMBRE HUMIDE

Champignons	1 mois				4 mois				7 mois			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mycélium brun stérile	0 +	0 +	+	0				0	0			
<i>Trichoderma vert, hamatum</i> p. p.		0							0	+		
Dictyospores noires	+	+	0 +									
<i>Zancluspora</i> sp.					0 +							
<i>Brachysporiella gayana</i>					0 +			+				+
<i>Dictyosporium</i> sp.					0							
<i>Paecilomyces</i> sp.					0				+	+		
Mycélium brun stérile					0		0 +	+	+			
<i>Codinea simplex</i>					+							
<i>Trichoderma pseudokoningii</i>					+	0 +		0	0 +			
<i>Chloridium</i> sp.						0			0 +			
Mycélium hyalin bouclé.						0 +				0 +		
Chlamydospores brunes.						0				0 +		
<i>Penicillium</i> sp.						0 +						
Périthèces							+					
<i>Bactrodesmium atrum</i> .								0 +				
<i>Sporochisma</i> sp.												0 +

+ : présent dans les pièges « μ + A » ; 0 : présents dans les pièges « μ seuls ».

TABLEAU 4

MYCOFLORE DES SOLS AFRICAINS. CHAMPIGNONS OBSERVÉS SUR SCIURE DE HÊTRE INCUBÉE *in vitro* SUR SOLS AFRICAINS

Champignons	Stations							
	Anguededou		Azégué		Lamto 1		Lamto 2	
	6 mois	10 mois	6 mois	10 mois	6 mois	10 mois	6 mois	10 mois
Mycélium hyalin	+	+	+		+	+	+	+
Mycélium stérile bouclé			+	+		+		
Chlamydospores noires		+			+		+	+
Rhizomorphes hyalins			+				+	
<i>Leptographium</i> sp.			+	+				
<i>Sytalidium lignicola</i>			+					
<i>Alternaria</i> sp.			+					
Sclérotes			+			+		
Mycélium brun stérile			+		+	+		
<i>Cephalosporium</i> sp.			+					
<i>Asterostromella</i> sp.					+			
<i>Gliomastix murorum</i>					+			
<i>Trichoderma hamatum</i>					+	+		
<i>Pseudobotrys terrestris</i>					+	+		
<i>Oncopodiella</i> sp.						+		
<i>Mycacterolobium platysporum</i> .						+	+	+

+ : présents.

les espèces sont moins abondantes que précédemment et il faut certainement relier cette pauvreté relative à l'action prédatrice de la faune.

Dans les stations 3 et 4, les champignons sont rares dans les pièges « μ seuls » : les pertes de poids observées au cours de la même période dans ces mêmes milieux étant également nettement inférieures à celles obtenues dans les stations 1 et 2. Les espèces sont aussi les mêmes que précédemment, seul *Bactrodesmium atrum* est caractéristique de la station 4.

Après 7 mois d'incubation, la mycoflore des stations 1 et 2 se raréfie dans les deux types de pièges (en particulier dans les pièges « μ seuls ») et cela correspond à la période de stabilisation constatée lors des études de pertes de poids. Les espèces caractérisant ce prélèvement sont essentiellement

représentées par des mycéliums stériles ou produisant des chlamydo-spores.

A titre de comparaison, nous avons reporté dans le tableau 4, les principales espèces se développant sur sciure, provenant de sols africains et en conditions *in vitro*. La pauvreté en espèces se confirme dans les stations de Anguededou et de Lamto 2 : ce sont comme précédemment des mycéliums stériles, des chlamydo-spores ou des rhizomorphes. Par contre, à partir du matériel reposant sur les sols de Azeguié et de Lamto I, il a été possible d'observer des fructifications de formes imparfaites : *Leptographium* sp., *Scytalidium lignicola*, *Alternaria* sp., *Cephalosporium* sp. à Azeguié, *Glomastix murorum*, *Trichoderma hamatum*, *Pseudobotrys terrestris* et *Oncopodiella* sp. à Lamto 1.

OBSERVATION EN MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE

Comme dans le cas de la chitine que nous avons étudiée précédemment (KILBERTUS *et al.*, 1980), l'influence des stations ne s'est pas manifestée de façon suffisamment marquée pour que l'on puisse déceler en microscopie électronique des différences autres que quantitatives. Par contre les modifications liées aux types de pièges sont très nettes.

Pièges à activité microbienne seule.

La sciure n'a subi que très peu de modifications après 1 mois d'incubation. Les parois cellulaires restent intactes dans leur majorité et les microorganismes sont rares à l'intérieur du substrat. La surface du tissu ligneux est cependant colonisée par un mycélium relativement abondant (fig. 3).

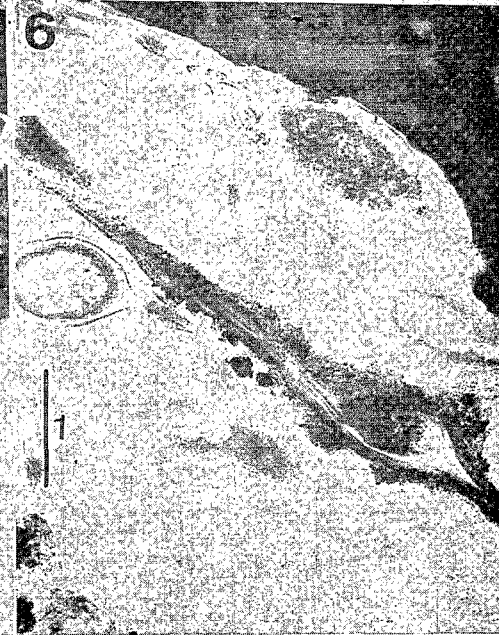
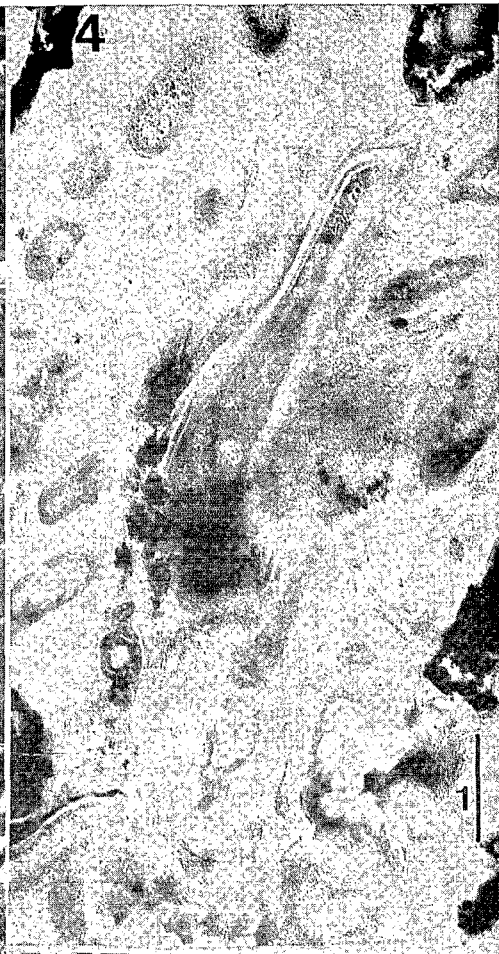
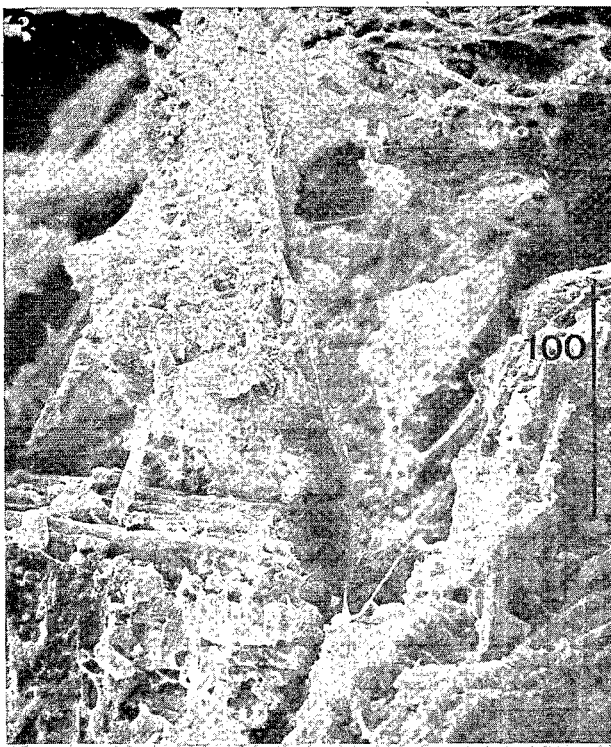
Cette situation n'évolue que très peu dans les parcelles 3 (brûlée) et 4 (chemin de débardage) au bout de 4 mois, ce qui est en accord avec les résultats obtenus avec les pertes de poids. Par contre dans les stations 1 (forêt) et 2 (non brûlée) la substance étudiée est profondément modifiée. Les bactéries ont déjà envahi le substrat, formant parfois de véritables colonies dans certaines parties de la sciure réduite à quelques fibrilles (fig. 4). Les champignons sont encore parfois présents sous forme d'enveloppe vide au contact de parois généralement réduites à des ensembles plus ou moins amorphes et denses aux électrons (fig. 5). Ces figures obtenues à partir de la station 2 se retrouvent en 1 : on peut en effet constater dans cette dernière, une biodégradation presque totale des cellules ligneuses sous l'effet de nombreux microorganismes (fig. 6). A ce stade les procaryotes présentent souvent des parois très ondulées, caractéristiques des bactéries Gram négatives (PROTH, 1978) et elles sont noyées dans une substance polysidique de structure fibrillaire (fig. 7).

Ces sciures sont également très dégradées dans les stations 3 et 4, après 7 mois d'étude. Même dans le chemin de débardement le bois est très altéré, et dans le cas où le substrat est le moins modifié, on ne retrouve plus que des fibrilles plus ou moins digérées, regroupées autour de la lamelle moyenne (fig. 8). Mais d'une manière générale, la matière ligneuse est remplacée par une masse informe dans laquelle on peut encore reconnaître dans certains cas quelques bactéries ou des résidus fongiques (fig. 9).

Pièges à activité microbienne et animale.

Les pièges prélevés après 1 mois, contiennent de la sciure peu dégradée, recouverte de quelques éléments minéraux, mais dépourvue de germes (fig. 10). Ces images semblent confirmer l'action de « nettoyage » effectuée par la faune tellurique. Quelques invasions bactériennes ont été constatées en surface dans les stations forestières (fig. 11). Dans la parcelle déboisée non brûlée 2, quelques fragments de sciure ont été colonisés par des champignons (fig. 12), ces derniers provoquant l'apparition de plages plus claires. Cette activité s'accroît dans cette parcelle et après 4 mois, les parois ligneuses sont pratiquement réduites à leur lamelle moyenne (fig. 13). Par contre, à la même époque, les tissus de hêtre, quoique fortement altérés, sont encore parfaitement reconnaissables dans les pièges de la station forestière (fig. 14 et 15).

Au cours des prélèvements suivants, les phénomènes de dégradation s'accroissent, mais la structure des tissus ne s'affaiblit pas comme dans le cas des pièges « μ seuls » : les cellules sont toujours reconnaissables.



Pièges « μ . seuls ». Les échelles sont données en μm .

FIG. 3. — Surface de la sciure, avec filaments mycéliens. Station 1. Incubation 1 mois.

FIG. 5. — Paroi ligneuse subsistant sous forme de produits non structurés et opaques aux électrons. Station 2. Incubation 4 mois.

FIG. 4. — Colonie bactérienne se développant dans les tissus ligneux très dégradés des pièges de la station 2. Incubation 4 mois.

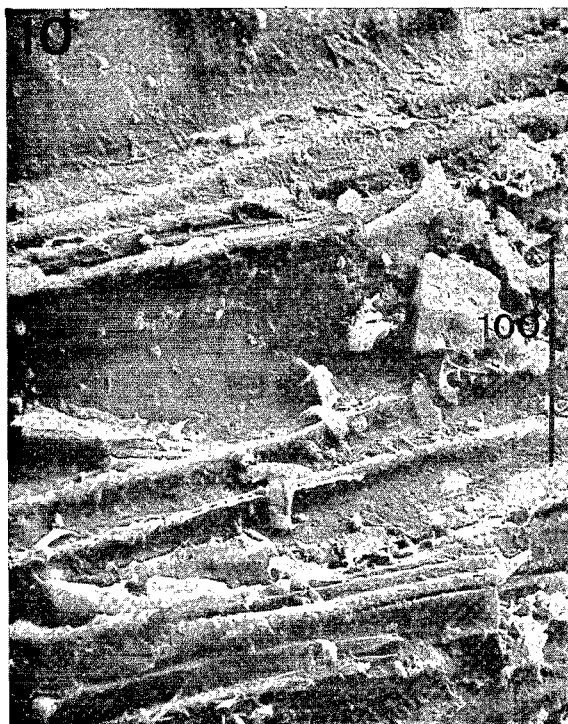
FIG. 6. — Altération des cellules de hêtre sous l'action des bactéries. Les parois sont réduites à des débris accolés à la lamelle moyenne. Station 1. Incubation 4 mois.



FIG. 7. — Bactéries à paroi ondulée plongées dans une substance de nature polysidique à structure fibrillaire. Station 2. Incubation 4 mois.

FIG. 8. — Altération des parois ligneuses incubées 7 mois durant dans la station 4.

FIG. 9. — Aspect général des résidus de sciure après 7 mois. Station 3.



Pièges « $\mu + A$ ».
Les échelles sont données en μm .

FIG. 10. — Surface de la sciure après 1 mois d'incubation. Station 1.

FIG. 11. — Colonie bactérienne se développant à la périphérie de la sciure. Station 1. Incubation 1 mois.

FIG. 12. — Mycélium se développant dans une paroi lignifiée. Station 2. Incubation 1 mois.

FIG. 13. — Dégradation des parois de cellule de hêtre par les champignons. Station 2. Incubation 4 mois.



FIG. 14 et 15. — Etat d'altération de la sciure de hêtre après 4 mois d'incubation dans les pièges de la station 1

FIG. 16. — Champignon métabolisant les cellules ligneuses. Incubation 7 mois. Station 3.

FIG. 17. — Procaryotes présents dans les tissus décomposés. Incubation 7 mois. Station 3.

Par la présence d'un fantôme constitué par la lamelle moyenne à laquelle adhèrent quelques résidus de la couche S₂ de la paroi (fig. 16). Les champignons sont encore en activité à ce moment-là (fig. 16) et les procaryotes ne sont observés qu'exceptionnellement (fig. 17).

CONCLUSIONS

L'observation et l'identification des champignons responsables de la ligninolyse dans les pays tropicaux ont souvent été rendues difficiles par les faibles quantités de matériel utilisable et l'absence de culture pure. L'appartenance spécifique des éléments stériles (mycéliums stériles, chlamydo-spores), de loin les plus fréquents, ne peut être établie ; dans ces cas, seule la présence de boucles ou de modifications éventuelles de la teinte du bois attaqué peut faire soupçonner l'intervention des Basidiomycètes. En ce qui concerne les champignons imparfaits déterminés, leur importance quantitative est faible : quelques espèces comme *Brachysporiella gayana* et *Mycoenterolobium* sp. sont typiquement tropicales, les autres, constituant la majeure partie de la mycoflore observée, nous apparaissent ubiquistes. Cependant, et en tenant compte de nos premières observations (mycélium stérile, chlamydo-spores), la mycoflore identifiable, intervenant plus ou moins dans les altérations de la sciure, est très différente dans les deux grandes catégories de stations.

Lorsque l'on sépare l'action de la microflore seule de celle de la microflore et des animaux telluriques, on constate dans ce dernier cas, une diminution du nombre des espèces fongiques durant les 7 premiers mois d'incubation. Ce résultat concerne également les bactéries non filamenteuses et les observations en microscopie électronique font apparaître une élimination presque totale de la flore procaryotique dans les pièges « $\mu + A$ », en particulier dans la station 2. L'influence des stations, en Guyane, se

Ces images de biodégradation sont similaires à celles que nous avons obtenues en étudiant la métabolisation des tissus ligneux, sous l'influence combinée des microorganismes et des collemboles (Kilbertus-Vannier : communication personnelle).

traduit aussi, par une diminution qualitative des champignons, dans les stations 3 et 4 (profondément modifiées) et quantitative des procaryotes.

Cette raréfaction de la microflore va également de pair avec une vitesse différente de la décomposition, en particulier durant les 4 premiers mois : les pertes de poids sont nettement inférieures en présence de la faune du sol durant cette même période. Dans le cas de la microflore seule, la présence de la strate arborescente (station 1) ou de nombreux résidus ligneux (station 2) correspond à une biodégradation beaucoup plus rapide et que nous avons attribuée à la persistance d'une microflore spécialisée.

La disparition de la sciure est extrêmement rapide, en Amérique comme en Afrique. Dès le 10^e mois elle dépasse 70 % en RCI dans toutes les stations, ces chiffres étant déjà atteints après 7 mois dans les stations Guyanaïses. Elles sont nettement supérieures à celles obtenues avec le même matériel en pays tempérés : entre 40 et 50 % de pertes après 18 mois d'incubation (MANGENOT et KIFFER, 1972).

Cette première expérience avait pour but d'étudier l'influence de quelques facteurs tropicaux sur la décomposition des tissus ligneux. Effectuées sur de petites quantités, elles devront être complétées par des travaux sur des masses plus importantes, de façon à vérifier en pays tempérés comme en pays tropicaux, les possibilités de biodégradation des microorganismes sur les bois tropicaux usinés.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons nos remerciements à Mrs J. GODEFROY et P. VILLECOURT pour l'aide matérielle qu'ils nous ont apportée.

BIBLIOGRAPHIE

- DUNCAN (C. G.), 1959. — (In « Ecologie microbienne des sols » Y. Dommergues et F. Mangenot Eds, Masson Paris). *Sixteenth Gen. Meet. Develop. Indust. Microbiol.*, 148-156.
- KILBERTUS (G.), KIFFER (E.), JOLY (C.), 1980. — Biological activities in tropical soils (French Guyana). II. Chitinolysis (sous presse).
- MANGENOT (F.), KIFFER (E.), 1972. — Pouvoir ligninolytique des sols de la RCP 40. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, **9**, 21-39.
- MANGENOT (F.), 1966. — Influence de certaines fractions extraites du bois sur la compétition entre champignons lignivores et population du sol. *Mat. u. Organismen*, **1**, 333-342.
- PROTH (J.), 1978. — Evolution de la microflore d'une rendzine forestière récemment privée de ses apports naturels en litière de charme. Etude microbiologique et ultrastructurale. Thèse de 3^e cycle, Université de Nancy I, 215 pp.
- REYNOLDS (E. S.), 1963. — The use of lead citrate at high pH as an electron opaque stain in electron microscopy. *J. Cell. Biol.*, **17**, 176-191.