

Inhibition de la nitrification par des extraits aqueux de litières de Teck (*Tectona grandis*) et de Niaouli (*Melaleuca leucodendron*)

PAR

Geneviève BOQUEL et Liliane SUAVIN

Laboratoire de Microbiologie des Sols, O.R.S.T.O.M., 93-Bondy

I. — INTRODUCTION

L'étude de la nitrification présente un grand intérêt, particulièrement en régions tropicales, par suite de l'intensité des précipitations qui favorisent le lessivage des nitrates. Des substances naturelles inhibant momentanément la nitrification sont, ainsi, susceptibles de réduire les pertes d'azote nitrique dans ces sols : elles méritent donc de retenir l'attention.

En régions tempérées, l'influence des litières forestières sur la nitrification a fait l'objet d'un certain nombre d'études. SHUMAKOV (1948) pense que la limitation de la nitrification dans les sols forestiers serait due aux « produits solubles » contenus dans la couverture morte. En effet, il a été montré que cette influence, généralement inhibitrice, est due à des principes hydro-solubles extraits de litières (BECK *et al.*, 1969) : on peut mentionner plus particulièrement le pouvoir inhibiteur de la litière de Hêtre (BOQUEL *et al.*, 1970).

En régions tropicales, les connaissances restent plus sommaires : elles intéressent les modifications apportées à la nitrification par divers résidus végétaux et par des peuplements forestiers. L'influence est rarement favorable, plus généralement défavorable : elle varie en fonction de l'espèce botanique, des conditions climatiques et de la nature du sol.

L'influence favorable de résidus végétaux sur la nitrification est rapportée par DOMMERGUES (1953) : l'auteur observe que l'installation du paillis a provoqué une augmentation du pouvoir nitrificateur de deux sols à Madagas-

Reçu le 22 octobre 1971.

14 MARS 1973
O. R. S. T. O. M. exi

Collection de Référence

n°

5983 Biol. Sol.

car. MOUREAUX (1956), sur les Hauts-Plateaux malgaches, a également noté une légère augmentation de la densité des germes nitreux sous paillis d'*Aristida* et sous couverture de tourbe. Enfin GREENLAND et NYE (1960), au Ghana, relatent que la teneur en azote nitrifiable augmente quand la paille reste en surface, mais non quand elle est enfouie.

L'influence favorable des peuplements forestiers est limitée, en général, aux forêts tropicales sèches. DOMMERMUES (1956) constate en Casamance, au Sénégal, que la nitrification est très active sous forêt sèche. MAHEUT et DOMMERMUES (1959), sur sol dunaire du Cap Vert au Sénégal, reboisé en Filao et Cassia, trouvent une élévation considérable du niveau de l'activité biologique par rapport au sol nu : développement d'un grand nombre de germes nitreux avec nette supériorité du Cassia sur le Filao. MOUREAUX (1959) mentionne, dans les sols sous forêt de Morondava, à Madagascar, un niveau exceptionnel de leur pouvoir nitrificateur par rapport au sol nu : pouvoir nitrificateur multiplié par 4 sous *Tamarindus indica*, par 25 sous forêt tropophile en sols alluvionnaires, voire même par 50 sous forêt tropophile en sables roux. VILLECOURT (1970), enfin, travaillant sur la « mosaïque forêt-savane » de Côte d'Ivoire, trouve régulièrement un contraste entre la savane où il n'y a pas de nitrification et la forêt où le pouvoir nitrificateur est intense.

L'influence défavorable des résidus végétaux sur la nitrification est beaucoup plus fréquente. C'est ainsi que MOUREAUX (1956), à Madagascar, observe, sous différentes couvertures mortes (paillis végétal) que, par rapport au sol nu, la densité des germes nitreux diminue, dans la plupart des cas, après un an. GRIFFITH et MANNING (1949), dans des sols d'Ouganda, trouvent de même que, sous paillis de Graminées, la teneur en nitrate est nettement plus faible qu'en sol nu.

L'influence défavorable des peuplements forestiers est également la plus fréquente. Elle s'observe sous forêt tropicale humide. DOMMERMUES (1956) oppose, en Casamance, le ralentissement considérable de la nitrification sous forêt tropicale dense humide et son intense activité sous forêt tropicale sèche et, à Madagascar, il observe (1952) un pouvoir nitrificateur faible sous sols forestiers acides.

Plus particulièrement, sous peuplements de Myrtacées (Eucalyptus et plus rarement Niaouli) et de Teck, la nitrification est ralentie. A Madagascar encore, DOMMERMUES (1954), d'une part, sous peuplements artificiels d'Eucalyptus et de Niaouli, MOUREAUX (1957), d'autre part, sous boisement d'Eucalyptus, mettent en évidence le faible pouvoir nitrificateur et la densité réduite des germes nitreux. Sous Eucalyptus, en Afrique du Nord, VARGUES (1954) mentionne une plus forte inhibition pour la nitrosation que pour la nitrification et, au Maroc, DE BEAUCORPS (1957) signale que le pouvoir nitrificateur et la densité des bactéries nitrifiantes y sont toujours faibles ; FLORENZANO (1956) confirme ce point de vue. L'influence généralement défavorable de l'Eucalyptus sur la nitrification provient, vraisemblablement, de certains composés de l'essence contenue dans les feuilles : en particulier du cinéol ou eucalyptol, principe également présent dans l'essence des feuilles de Niaouli, espèce voisine de l'Eucalyptus.

Les données relatives à l'influence des peuplements de Teck sur la microflore tellurique sont, à notre connaissance, plus rares. La publication de

MAHEUT et DOMMARGUES (1960) concerne les teckeraies de Casamance (Sénégal) ; si le retour au sol du calcium des feuilles entraîne une augmentation du pH et une stimulation de l'activité biologique, pour le cycle du carbone du moins, le cycle de l'azote, par contre, est défavorisé : il y a diminution de la densité des bactéries nitreuses sous reboisement de Teck comparativement à la forêt hétérogène spontanée. Les feuilles de Teck contiennent une substance colorante rouge vraisemblablement apparentée aux tanins. Or l'effet inhibiteur des tanins sur la nitrification a déjà été mentionné par plusieurs auteurs (BASARABA, 1964 ; RICE, 1965 et 1969 ; BOLLEN, 1969) et pourrait expliquer le comportement des germes nitreux sous teckeraies.

Il a semblé intéressant de vérifier au laboratoire l'origine de l'inhibition des litières de Teck et de Niaouli. Nous donnons, ici, les résultats d'une étude expérimentale sur l'influence inhibitrice, vis-à-vis de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter*, d'extraits aqueux de litières de Teck et Niaouli préalablement soumises ou non à différents prétraitements.

II. — MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. — MICROORGANISMES.

Les souches utilisées, *Nitrosomonas europaea* et *Nitrobacter winogradskyi*, proviennent du laboratoire du Professeur LAUDELOUT (1).

B. — MATÉRIEL VÉGÉTAL.

Deux litières ont été étudiées parallèlement :

- Litière de feuilles de Teck (*Tectona grandis*), Verbénacée, récoltées en Décembre 1968, en Casamance (Sénégal), sur sol faiblement ferrallitique.

- Litière de feuilles de Niaouli (*Melaleuca leucodendron*), Myrtacée, récoltées en Juin 1968, dans le parc de Hann-Dakar (Sénégal), sur sol hydromorphe.

C. — TRAITEMENTS DES LITIÈRES.

L'activité antimicrobienne de ce matériel végétal est étudiée sur des extraits aqueux préparés à partir de litières, soumises ou non à des préincubations, selon la méthode décrite dans une note précédente (BOQUEL *et al.*, 1970), à savoir :

- préincubation en aérobiose
- préincubation en anaérobiose, soit modérée (sous vide partiel), soit stricte (sous vide total).

D. — TECHNIQUE D'ÉTUDE.

1) Indice de nitrosation.

L'activité antimicrobienne (2) des différents extraits de litières vis-à-vis de *Nitrosomonas* est évaluée en comparant les teneurs en azote ammoniacal non oxydé en fin d'incubation dans les milieux additionnés ou non d'extraits à différentes concentrations. Le milieu de culture est celui de BARKWORTH et BATESON (1965) où la source azotée est du sulfate d'ammonium. L'ensemencement est réa-

(1) Que M. le Professeur LAUDELOUT de la Faculté des Sciences Agronomiques, à Louvain (Belgique), trouve, ici, l'expression de notre reconnaissance pour avoir eu l'obligeance de nous procurer ces souches.

(2) Les termes : activité antimicrobienne, toxicité, pouvoir inhibiteur sont indifféremment employés.

lisé à partir d'une souche de *Nitrosomonas europaea* : 1 ml d'inoculum provenant d'un milieu de culture où l'apparition des nitrites a lieu depuis 2 à 3 jours. L'azote ammoniacal est dosé au Technicon, selon la méthode mise au point par DABIN (1965). L'indice de nitrification se rapportant à la nitrosation I_n est calculé, comme dans une étude précédente (BOQUEL *et al.*, 1970), à partir de la formule :

$$I_n = \frac{x}{t} \times 100$$

x représentant la teneur en nitrite des milieux enrichis en extrait et t celle des milieux témoins. Lors de l'association de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter* l'indice de nitrosation est représenté par I_n .

2) Indice de nitratisation.

L'activité antimicrobienne des différents extraits de litière vis-à-vis de *Nitrobacter* est évaluée suivant la technique de BOQUEL *et al.* (1970).

Rappelons que l'indice de nitrification se rapportant à la nitratisation IN est calculé à partir du rapport suivant :

$$IN = \frac{X}{T} \times 100$$

où X représente la teneur en nitrate des milieux enrichis en extrait et T celle des milieux témoins. Lors de l'association de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter*, l'indice de nitratisation est représenté par IN . On considère qu'il y a inhibition lorsque l'indice de nitrification (nitrosation ou nitratisation) est inférieur à 100 et stimulation lorsqu'il dépasse 100. L'activité antimicrobienne est nulle lorsque l'indice est égal à 100.

III. — RÉSULTATS

A. — ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE D'EXTRAITS DE LITIÈRES DE TECK ET DE NIAOULI NON PRÉINCUBÉES VIS-A-VIS DE *NITROSOMONAS* ET DE *NITROBACTER*.

Le Teck et le Niaouli se comportent différemment selon qu'il s'agit de la nitrosation ou de la nitratisation.

Il ressort du Tableau I que *Nitrosomonas* est plus sensible que *Nitrobacter* : aux concentrations de 5 % en extrait, l'inhibition de la nitrosation est totale pour les deux litières. Dans le cas du Teck, lorsque les concentrations augmentent, l'inhibition diminue progressivement ($I_n = 62$ pour une concentration de 40 %). Ce phénomène est à rapprocher du « paradoxical effect » décrit par SCHATZ *et al.* (1964). On peut supposer que des substances stimulantes, à doses trop faibles aux basses concentrations en extrait, n'ont d'effet positif qu'à des concentrations plus élevées. La Fig. 1 illustre cette diminution de toxicité.

Vis-à-vis de *Nitrobacter*, la litière de Niaouli est plus toxique que celle de Teck : en effet, l'indice de nitratisation (IN) est nul dès la concentration de 10 % en extrait, dans le cas du Niaouli, mais seulement à partir de 40 %, dans le cas du Teck. La diminution de l'inhibition, observée pour le Teck vis-à-vis de *Nitrosomonas*, ne se manifeste pas vis-à-vis de *Nitrobacter*.

TABLEAU I

Activité antimicrobienne vis-à-vis de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter* d'extraits aqueux de litières de Teck et de Niaouli non préincubées et préincubées en aérobiose

Litières	Indices (1)	Prétraitements (2)	Concentrations du milieu de culture en extraits de litière					
			2,5 %	5 %	10 %	20 %	40 %	60 %
T E C K	In	1	99	0	21	50	62	
		2		100	101	100	25	44
		3		102	102	102	99	88
		4		100	99	98	97	92
	IN	1	95	82	71	23	0	
		2		96	97	91	82	77
		3		93	90	90	84	84
		4		96	101	78	60	70
	In ₁	1	100	14	15	56	65	
		2		100	100	100	44	50
		3		100	100	101	102	100
		4		100	100	98	97	90
	IN ₁	1	87	5	0	0	0	
		2		103	100	90	0	0
		3		101	96	90	78	70
		4		110	129	115	109	25
N I A O U L I	In	1	99	0	0	0	0	
		2		100	100	100	100	
		3		101	101	100	100	99
		4		100	100	101	100	99
	IN	1	88	62	0	0	0	
		2		88	84	62	40	30
		3		83	74	53	33	32
		4		91	91	86	73	68
	In ₁	1	98	0	0	0	0	
		2		100	100	99	98	
		3		101	99	101	100	100
		4		100	100	101	100	99
	IN ₁	1	84	2	0	0	0	
		2		90	86	72	45	
		3		96	84	73	49	36
		4		103	91	83	80	67

(1) In : indice de nitrosation de *Nitrosomonas* seul.

IN : indice de nitratisation de *Nitrobacter* seul.

In₁ : indice de nitrosation de *Nitrosomonas* en association avec *Nitrobacter*.

IN₁ : indice de nitratisation de *Nitrobacter* en association avec *Nitrosomonas*.

(2) 1: pas de préincubation

2: préincubation aérobie 4 semaines

3: » » 6 semaines

4: » » 8 semaines.

Lors de l'association des deux souches, la sensibilité de *Nitrosomonas* joue le rôle de facteur limitant, puisque *Nitrobacter* se trouve en présence d'une quantité réduite de nitrite : en effet, pour les deux litières, dès la concentration de 5 % en extrait, l'indice de nitratisation (IN_1) est pratiquement nul. La diminution de l'activité antimicrobienne du Teck, observée vis-à-vis de *Nitrosomonas* à partir de la concentration de 20 %, ne se produit pas vis-à-vis de *Nitrobacter*.

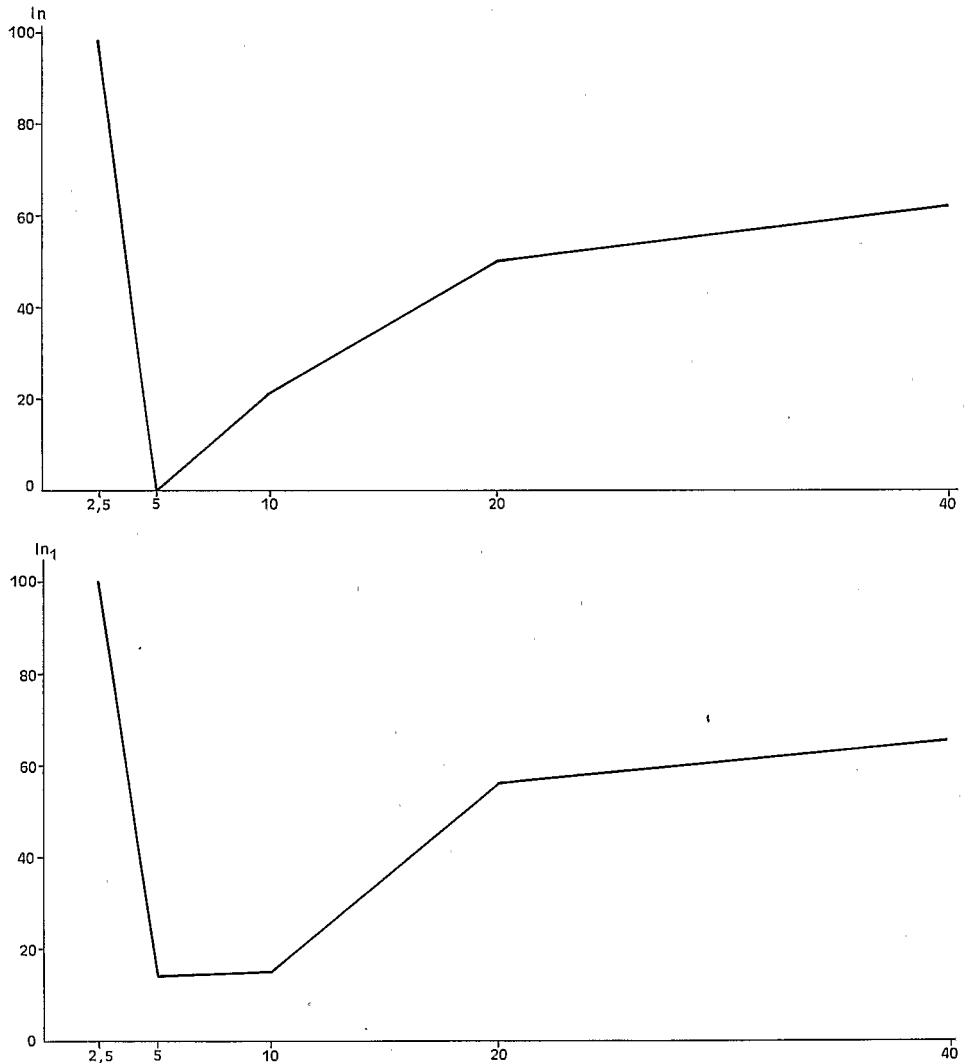


FIG. 1. — Influence de doses croissantes d'extrait de litière de Teck non préincubée sur l'indice de nitratisation mettant en évidence le « paradoxical effect ».

En abscisse, % des concentrations en extrait de litière.

En ordonnées :

IN : Indice de nitratisation se rapportant à *Nitrosomonas* seul.

IN_1 : Indice de nitratisation se rapportant à *Nitrosomonas* en association avec *Nitrobacter*.

B. — ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE D'EXTRAITS DE LITIÈRES DE TECK ET DE NIAOULI PRÉINCUBÉES EN AÉROBIOSE VIS-A-VIS DE *NITROSOMONAS* ET DE *NITROBACTER*.

L'évolution des litières a été suivie après 4, 6 et 8 semaines de préincubation. La biodégradation aérobie se traduit par une élévation des pH des différents extraits (Tableau II) et amène une diminution de l'activité antimicrobienne, mais plus faible, cependant, que celle observée dans un travail précédent (BOQUEL *et al.*, 1970) sur des litières de Hêtre.

TABLEAU II

pH des extraits de litières de Teck et de Niaouli après différents prétraitements

Prétraitements		Litières	Teck	Niaouli
Sans préincubation			6,4	5,7
Préincubation aérobie	4 semaines.....		8,8	6,0
	6 semaines.....		8,6	6,3
	8 semaines.....		8,6	6,3
Préincubation anaérobie	modérée.....		5,5	5,0
	stricte.....		5,2	5,0

1) Préincubation de 4 semaines.

La litière de Teck présente une activité antimicrobienne sensiblement plus faible à l'issue de ces 4 semaines (Tableau I). Dans le cas de *Nitrosomonas*, la toxicité ne se manifeste qu'à partir d'une concentration en extrait de 40 % (In = 25). La diminution de l'inhibition trouvée sur la litière non préincubée lorsque les concentrations en extrait augmentent, se manifeste ici encore, mais seulement à partir des plus fortes concentrations (60 %) : les substances qui freinent et celles qui favorisent l'inhibition semblent donc simultanément biodégradées. La moindre sensibilité de *Nitrobacter*, comparativement à celle de *Nitrosomonas*, mentionnée déjà dans le cas de la litière non préincubée pour des concentrations identiques en extrait, se manifeste également pour cette litière préincubée : aux concentrations de 60 % en extrait, l'activité antimicrobienne est encore faible (IN = 77), alors qu'elle est plus élevée (In = 44) dans le cas de *Nitrosomonas*. Par contre, lorsque les deux souches sont en association, l'indice de nitratisation (IN₁) est nul à partir d'une concentration en extrait de 40 %. Cette inhibition accrue a déjà été obtenue sur la litière non préincubée, dans les mêmes conditions de culture, mais à une concentration plus faible en extrait.

La litière de Niaouli a perdu sa toxicité vis-à-vis de *Nitrosomonas*, même à la concentration de 40 % en extrait. Au contraire, vis-à-vis de *Nitrobacter*,

dès la concentration de 20 % en extrait, on note une inhibition qui augmente avec des doses croissantes d'extrait, mais plus lentement que dans le cas de la litière non préincubée (IN = 62 à 20 %, IN = 30 à 60 %).

2) Préincubation de 6 semaines.

La litière de Teck (Tableau I), aux concentrations de 40 % en extrait, est pratiquement démunie de toute toxicité vis-à-vis de *Nitrosomonas* ; même à 60 %, l'inhibition est faible (In = 88). Par rapport à la litière préincubée 4 semaines en aérobiose, le seuil d'inhibition vis-à-vis de *Nitrobacter* se situe sensiblement aux mêmes concentrations.

La litière de Niaouli, sans activité antimicrobienne vis-à-vis de *Nitrosomonas*, conserve une toxicité vis-à-vis de *Nitrobacter* sensiblement identique à celle évaluée après 4 semaines de préincubation aérobie. Les 2 semaines supplémentaires de préincubation n'ont pas été suffisantes pour permettre la biogradation des composés hydrosolubles toxiques.

3) Préincubation de 8 semaines.

La litière de Teck (Tableau I), vis-à-vis de *Nitrosomonas*, présente une activité antimicrobienne nulle à la concentration de 40 % en extrait (In = 97) et très faible à 60 % (In = 92). Selon que *Nitrobacter* est seul ou en association avec *Nitrosomonas*, le comportement de la litière est différent : ces 8 semaines la rendent légèrement plus toxique vis-à-vis de *Nitrobacter* seul. Au contraire, en présence de *Nitrosomonas*, on observe une stimulation suivie d'une brusque inhibition : pour une concentration de 10 % en extrait l'indice de nitration (IN₁) s'élève à 129, demeure supérieur à 100 jusqu'à 40 % et s'abaisse à 25 dès 60 %.

La litière de Niaouli voit son activité antimicrobienne décroître sensiblement vis-à-vis de *Nitrobacter* : l'indice de nitration (IN) qui, pour des concentrations en extrait de 40 % et 60 %, oscillait de 30 à 40 après 4 et 6 semaines de préincubation, s'élève brusquement vers 70.

C. — ACTIVITÉ ANTIMICROBIENNE D'EXTRAITS DE LITIÈRES DE TECK ET DE NIAOULI PRÉINCUBÉES EN ANAÉROBIOSE VIS-A-VIS DE *NITROSOMONAS* ET DE *NITROBACTER*.

La décomposition des litières en anaérobiose modérée ou stricte amène un abaissement du pH des extraits de litières comparativement à celui des extraits de litières non préincubées (Tableau II). Alors que l'anaérobiose modérée entraîne une légère diminution du pouvoir inhibiteur des deux litières, malgré un abaissement de pH, l'anaérobiose stricte n'a pas apporté les résultats attendus, à savoir une forte augmentation de leur activité antimicrobienne comparativement à celle des litières non préincubées.

1) Anaérobiose modérée.

La litière de Teck (Tableau III), jusqu'aux concentrations de 10 % en extrait, est dépourvue de toute toxicité vis-à-vis de *Nitrosomonas*, alors que l'extrait de litière non préincubée, à la même concentration, l'inhibait fortement (In = 21). A la concentration de 20 %, l'indice de nitrosation (In) tombe à 43. La diminution de l'inhibition, observée dans le cas de la litière

TABLEAU III

Activité antimicrobienne vis-à-vis de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter* d'extraits aqueux de litière de Teck et de Niaouli non préincubées et préincubées en anaérobiose
Oecol. Plant., 4: 237-266.

Litières	Indices (1)	Prétraitements (2)	Concentrations du milieu de culture en extraits de litière				
			2,5 %	5 %	10 %	20 %	40 %
T E C K	In	1	99	0	21	50	62
		5	99	98	98	43	
		6	100	100	100	78	85
	IN	1	95	82	71	23	0
		5	96	73	55	30	
		6	75	69	37	15	8
	In ₁	1	100	14	15	56	65
		5	99	98	99	39	
		6	99	100	99	82	81
	IN ₁	1	87	5	0	0	0
		5	95	96	82	0	
		6	100	94	60	0	0
N	In	1	99	0	0	0	0
		5	100	100	4	2	
		6	93	93	4	18	30
I	IN	1	88	62	0	0	0
		5	90	62	51	26	
		6	100	79	23	4	0
U	In ₁	1	98	0	0	0	0
		5	99	99	27	9	
		6	101	101	4	24	37
I	IN ₁	1	84	2	0	0	0
		5	56	57	6	0	
		6	76	77	1	0	0

(1) Pour le détail des symboles voir (1) Tableau I.

(2) 1: pas de préincubation

5: préincubation anaérobie modérée

6: " " stricte.

non préincubée avec l'augmentation des concentrations en extrait, n'apparaît pas ici : au cours de l'anaérobiose, les substances stimulantes hydrosolubles ont dû être décomposées. Par rapport à la litière non préincubée, cette litière a aussi une activité antimicrobienne réduite vis-à-vis de *Nitrobacter* en association avec *Nitrosomonas*, l'inhibition n'étant totale que pour une concentration en extrait de 20 %, mais elle conserve une toxicité analogue vis-à-vis de *Nitrobacter* seul.

La litière de *Niaouli*, comme la litière de Teck, a une activité antimicrobienne moins élevée que celle de la litière non traitée. En effet, l'inhibition vis-à-vis de *Nitrosomonas*, presque totale pour la concentration de 10 % en extrait ($IN = 4$), l'était dès 5 % pour la litière non incubée. La toxicité est aussi réduite vis-à-vis de *Nitrobacter*, puisqu'une concentration de 20 % en extrait n'inhibe pas totalement la nitratisation ($IN = 26$), alors qu'une concentration de 10 % en extrait de litière non préincubée l'inhibait totalement. En présence de *Nitrosomonas*, l'indice de nitratisation est presque nul pour une concentration en extrait de 10 % ($IN_1 = 6$).

2) Anaérobiose stricte.

La litière de Teck, vis-à-vis de *Nitrosomonas*, a une activité antimicrobienne plus faible que celle de la litière préincubée en anaérobiose modérée (pour les concentrations en extrait de 20 à 40 %, l'indice de nitrosation IN est encore élevé et voisin de 80), mais très légèrement supérieure vis-à-vis de *Nitrobacter* seul ou en association.

La litière de *Niaouli*, vis-à-vis de *Nitrosomonas*, a un seuil de toxicité analogue à celui de la litière soumise à l'anaérobiose modérée : l'inhibition est presque totale pour une concentration de 10 % ($IN = 4$). Cette inhibition diminue avec l'augmentation des concentrations : en effet, l'indice de nitrosation remonte à 30 pour une concentration de 40 %. Cette constatation a déjà été notée dans le cas de la litière de Teck non préincubée vis-à-vis de *Nitrosomonas*. La préincubation en anaérobiose stricte induit l'apparition de substances hydrosolubles stimulantes se traduisant par une diminution de toxicité plus ou moins sensible de la litière ; ces substances semblent donc avoir un seuil d'activité plus élevé que celui des substances inhibitrices. En ce qui concerne *Nitrobacter*, au contraire, l'extrait de litière est légèrement plus toxique que celui résultant de l'anaérobiose modérée : à la concentration de 20 %, l'inhibition est presque totale ($IN = 4$). A noter, cependant, que la toxicité trouvée est légèrement inférieure à celle observée pour la litière non préincubée.

IV. — CONCLUSIONS

Les résultats trouvés montrent l'existence, dans les deux litières tropicales étudiées de Teck et de *Niaouli*, de substances hydrosolubles douées d'activité antimicrobienne vis-à-vis des germes de la nitrification : *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*. De telles substances ont précédemment été mises en évidence dans des litières tempérées de Hêtre, mais leur comportement s'avère différent, ici, quant à l'évolution de leur activité antimicrobienne dans le temps, selon diverses conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose.

Les deux litières non préincubées sont plus toxiques vis-à-vis de *Nitrosomonas* que vis-à-vis de *Nitrobacter* et le *Niaouli* a un pouvoir inhibiteur supérieur à celui du Teck : en effet, une faible concentration en extrait des deux litières (5 %) inhibe totalement *Nitrosomonas*, tandis qu'il faut des concentrations plus élevées de 10 % (*Niaouli*) et de 40 % (Teck) pour inhiber *Nitrobacter*. L'inhibition plus grande vis-à-vis de *Nitrosomonas* a été déjà

mentionnée par VARGUES (1954), dans le cas de l'Eucalyptus, et par MOLINA et ROVIRA (1964), dans le cas d'exsudat racinaire de Blé et de Luzerne.

La diminution du pouvoir inhibiteur d'extrait de litière de Teck vis-à-vis de *Nitrosomonas*, observée ici avec l'augmentation des concentrations au-dessus de 5 %, est à rapprocher d'un phénomène mentionné par SCHATZ *et al.* (1964) : diminution du pouvoir inhibiteur de l'adénine sur la croissance de *Salmonella typhimurium* avec des doses croissantes supérieures à 10 µg par ml, dose qui inhibe presque totalement la croissance microbienne. Cette constatation est dénommée par l'auteur « paradoxical effect ».

Les préincubations en aérobiose durant 4, 6 et 8 semaines n'ont pas conduit à une perte de toxicité totale, comme cela a été trouvé pour la litière de Hêtre : la biodégradation des composés toxiques n'est que partielle et les substances qui en résultent ont une action différente selon qu'il s'agit de *Nitrosomonas* ou de *Nitrobacter* : la diminution de l'activité antimicrobienne est plus marquée vis-à-vis de *Nitrosomonas*. En effet, après 6 semaines de préincubation, les extraits aqueux de litières de Teck et de Niaouli, même à la concentration de 60 %, sont pratiquement dépourvus de toute toxicité vis-à-vis de *Nitrosomonas*. Par contre, en ce qui concerne *Nitrobacter*, le pouvoir inhibiteur est encore sensible à la concentration en extrait de 60 %, surtout pour le Niaouli.

Si l'on essaie d'extrapoler les résultats de la plus longue préincubation (8 semaines) à ce qui peut se passer sur le terrain, au cours de l'évolution de la matière organique en place, les substances toxiques vis-à-vis de *Nitrobacter* apparaissent comme plus difficilement biodégradables que celles qui inhibent *Nitrosomonas* ; on s'aperçoit donc qu'il y a risque de blocage du cycle de l'azote au stade nitreux, mais seulement, cependant, pour les concentrations les plus fortes de litières, aussi bien de Teck que de Niaouli.

Le blocage de la nitrification n'apparaît pas aux plus faibles concentrations d'extrait de litières, auxquelles, même, dans le cas du Teck, il pourrait se produire une stimulation de la nitrification atteignant alors presque 30 % ($IN_1 = 129$ à la concentration de 10 %).

Les préincubations en anaérobiose des litières de Teck et de Niaouli n'ont pas augmenté leur toxicité, comme on aurait pu le supposer : la biosynthèse de composés antimicrobiens a donc été limitée, contrairement aux résultats obtenus sur une litière tempérée de Hêtre par BOQUEL *et al.* (1970) sur *Nitrobacter*. Au contraire, l'anaérobiose, dans l'ensemble, amène un affaiblissement de toxicité.

L'anaérobiose modérée entraîne un abaissement de l'activité antimicrobienne des deux litières. En effet, l'indice de nitrosation, nul pour les deux litières non préincubées à la concentration de 5 % en extrait, n'est pratiquement annulé ($In = 4$) qu'à une concentration double dans le cas du Niaouli, et est encore élevé ($In = 43$) à une concentration quadruple dans le cas du Teck. De même, vis-à-vis de *Nitrobacter*, la litière de Niaouli a une activité antimicrobienne réduite, tandis que la litière de Teck n'est pas modifiée par la préincubation : en effet, dans le cas du Niaouli, l'indice de nitrification (IN), nul à la concentration de 10 % en extrait pour la litière non préincubée, est encore ici de 26 à la concentration de 20 %.

L'anaérobiose stricte diminue aussi l'activité antimicrobienne des deux litières comparativement à celle des litières non préincubées. La litière de Teck, presque totalement dépourvue de toxicité vis-à-vis de *Nitrosomonas*, présente encore une certaine activité antimicrobienne vis-à-vis de *Nitrobacter* : à la concentration de 40 % en extrait, l'indice de nitrosation (In) est voisin de 80 et celui de la nitratisation (IN) de 8 seulement. Quant à la litière de Niaouli, l'inhibition, totale vis-à-vis de *Nitrosomonas* pour une concentration en extrait de 10 %, diminue avec l'augmentation des concentrations ; sa toxicité vis-à-vis de *Nitrobacter* est un peu inférieure à celle de la litière non préincubée. Dans ce cas, ici encore, le blocage du cycle de l'azote au stade nitreux est un risque possible *in situ* en cas d'hydromorphie. Ce risque serait encore augmenté dans le cas du Niaouli où l'on note que l'anaérobiose stricte semble induire l'apparition de substances stimulant la nitrosation.

En résumé, dans les deux litières tropicales étudiées, la faible diminution de l'activité antimicrobienne au cours de l'aérobiose, le niveau de toxicité non accru au cours de l'anaérobiose, laissent supposer sur le terrain un comportement très différent de celui d'une litière tempérée (Hêtre), puisque l'évolution de la toxicité semble, ici, dépendre moins des conditions écologiques aérobies ou anaérobies résultant d'un drainage plus ou moins bon. Cependant, même si la toxicité finale de ces litières tropicales peut se révéler *in vitro* plus faible que celle de litières tempérées (en cas d'anaérobiose), l'importance des retombées végétales en régions tropicales lui conférerait, néanmoins, une influence non négligeable sur le cycle de l'azote.

RÉSUMÉ

Les extraits aqueux de litières tropicales de Teck et de Niaouli non préincubées contiennent des substances hydrosolubles douées d'activité antimicrobienne vis-à-vis de *Nitrosomonas* et de *Nitrobacter* : *Nitrosomonas* est plus sensible que *Nitrobacter* à ces substances et le seuil de toxicité des extraits aqueux de Niaouli est plus faible que celui des extraits de Teck.

LES PRÉINCUBATIONS EN AÉROBIOSE de 4, 6 et 8 semaines amènent une diminution de l'activité antimicrobienne des deux litières, surtout sensible vis-à-vis de *Nitrosomonas* : l'inhibition est pratiquement nulle après 6 semaines, même à de fortes concentrations en extrait qui, par contre, inhibent encore *Nitrobacter*.

LES PRÉINCUBATIONS EN ANAÉROBIOSE n'ont pas enrichi les litières en composés antimicrobiens. La *préincubation en anaérobiose modérée* entraîne une légère diminution de l'activité antimicrobienne des deux litières, plus sensible vis-à-vis de *Nitrosomonas* dans le cas du Teck et vis-à-vis de *Nitrobacter* dans le cas du Niaouli. La *préincubation en anaérobiose stricte*, à l'inverse des résultats déjà obtenus sur une litière de Hêtre, diminue également l'activité antimicrobienne des deux litières, à l'exception de celle du Teck qui conserve son seuil initial de toxicité vis-à-vis de *Nitrobacter*. La diminution du pouvoir inhibiteur est plus faible vis-à-vis de *Nitrosomonas* dans le cas du Niaouli.

SUMMARY

Water extracts of two non preincubated tropical litters of Teak and of Niaouli, contain water-soluble compounds showing an antimicrobial activity on *Nitrosomonas* and *Nitrobacter*. *Nitrosomonas* is more sensitive than *Nitrobacter* to those compounds, the toxicity threshold of which is lower for the Niaouli than for the Teak.

AEROBIC PREINCUBATIONS of 4, 6 and 8 weeks depress the antimicrobial activity of the two litters: in the case of *Nitrosomonas*, no inhibition is practically observed after 6 weeks, even at high concentrations still active on *Nitrobacter*.

ANAEROBIC PREINCUBATIONS do not increase the level of antimicrobial compounds in the litters. A mild anaerobiosis induces a light depression of antimicrobial activity of the two litters, either more conspicuous on *Nitrosomonas* in the case of the Teak or on *Nitrobacter* in the case of the Niaouli. A strict anaerobiosis, in opposition to the results already obtained with a Beech litter, decreases also the antimicrobial activity of the two litters, except that of the Teak on *Nitrobacter* (the initial threshold of toxicity being retained). The depression of antimicrobial activity is lighter on *Nitrosomonas* in the case of the Niaouli.

BIBLIOGRAPHIE

- BARKWORTH (H.), BATESON (M.), 1965. — The population level of presumptive *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* in some english soils. *Plant and Soil*, **22**: 220-228.
- BASARABA (J.), 1964. — Influence of vegetable tannins on nitrification in soil. *Plant and Soil*, **21**: 8-16.
- BEAUCORPS (G.) DE, 1957. — Rapports entre les peuplements d'Eucalyptus et les sols sableux de la Mamora et du Rharb. *Ann. Rech. for. Maroc*, **5**: 27-216.
- BECK (G.), DOMMERMUES (Y.), VAN DEN DRIESSCHE (R.), 1969. — L'effet litière II - Étude expérimentale du pouvoir inhibiteur des composés hydrosolubles des feuilles et des litières forestières vis-à-vis de la microflore tellurique. *Oecol. Plant.*, **4**: 237-266.
- BOLLEN (W. B.), LU (K. C.), 1969. — Douglas fir bark tannin decomposition in two forest soils. *U. S. Dep. Agric. For. Serv. Rés. Rap. PNW - 85*, 12.
- BOQUEL (G.), BRUCKERT (S.), SUAVIN (L.), 1970. — Inhibition de la nitrification par les extraits aqueux de litière de Hêtre (*Fagus silvatica*). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, **7**: 357-366.
- DABIN (B.), 1965. — Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. - Première partie. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, **III**, 4: 335-366.
- DOMMERMUES (Y.), 1952. — L'analyse microbiologique des sols tropicaux acides. *Mém. Inst. sci. Madagascar, D*, **IV**: 169-181.
- DOMMERMUES (Y.), 1953. — Rôle de la couverture du sol dans le maintien et l'accroissement de son activité biologique. *Mém. Inst. sci. Madagascar, D*, **V**: 299-314.
- DOMMERMUES (Y.), 1954. — Modifications de l'équilibre biologique des sols forestiers. *Mém. Inst. sci. Madagascar, D*, **VI**: 115-148.

- DOMMERMUES (Y.), 1956. — Étude de la biologie des sols de forêts tropicales sèches et de leur évolution après défrichement. *VI^e Congr. Int. Sci. Sol, Paris, V*, 98: 605-610.
- FLORENZANO (G.), 1956. — Ricerche sui terreni coltivati ad eucalitti (II-Ricerche microbiologica e biochemica). *Publ. Cent. Sper. agric. for.*, I: 131-152.
- GREENLAND (D. J.), NYE (P. H.), 1960. — Does straw induce nitrogen deficiency in tropical soils? *7th Int. Congr. Soil. Sci., Madison, III*, 3: 478-485.
- GRIFFITH G., MANNING (H. L.), 1949. — A note on nitrate accumulation in a Uganda soil. *Trop. Agric.*, 26: 108-110.
- MAHEUT (J.), DOMMERMUES (Y.), 1959. — La fixation par le reboisement des dunes de la presqu'île du Cap Vert et l'évolution biologique des sols. *Bois et Forêts des Tropiques*, 63: 3-16.
- MAHEUT (J.), DOMMERMUES (Y.), 1960. — Les Teckeraies de Casamance, capacité de production des peuplements, caractéristiques biologiques et maintien du potentiel productif des sols. *Bois et Forêts des Tropiques*, 70: 25-42.
- MOLINA (J. A.), ROVIRA (A. D.), 1964. — The influence of plant roots on autotrophic nitrifying bacteria. *Canad. J. Microbiol.*, 10: 249-257.
- MOUREAUX (C.), 1956. — Modifications de la microflore d'un sol latéritique sous différentes couvertures mortes. *VI^e Congr. Int. Sci. Sol, Paris, III* 68: 407-412.
- MOUREAUX (C.), 1957. — Tests biochimiques de l'activité biologique de quelques sols malgaches. *Mém. Inst. sci., Madagascar, D, VIII*: 225-241.
- MOUREAUX (C.), 1959. — Observations microbiologiques sur quelques sols de la région de Morondava. *Mém. Inst. sci. Madagascar, D, IX*: 121-199.
- RICE (E. L.), 1965. — Inhibition of nitrogen-fixing and nitrifying bacteria by seed plants. II. Characterization and identification of inhibitors. *Physiol. Plant.*, 18: 255-268.
- RICE (E. L.), 1969. — Inhibition of nitrogen-fixing and nitrifying bacteria by seed plants. VI. Inhibitors from *Euphorbia supina*. *Physiol. Plant.*, 22: 1175-1183.
- SCHATZ (A.), SCHALSCHA (E.), SCHATZ (V.), 1964. — Soil organic matter as a natural chelating material. Part. 2: the occurrence and importance of paradoxical concentration effects in biological systems. *Compost Science*, 5: 26-31.
- SHUMAKOV (V. S.), 1948. — Sur les causes de limitation de la nitrification dans les sols forestiers. *Pochvovedenie S.S.S.R.*, 4: 227-236.
- VARGUES (H.), 1954. — Étude de quelques activités microbiennes dans les sols plantés d'Eucalyptus. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*, 45: 323-334.
- VILLECOURT (P.), 1970. — Communication personnelle.