

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série D — Tome V — 1953

INFLUENCE DE LA FUMURE DES PLANTS « D'EUCALYPTUS ROBUSTA » SUR LA CROISSANCE DE CETTE ESSENCE ET SUR L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL

Interprétation de l'analyse bactériologique des sols

par

Y. DOMMERGUES

SOMMAIRE

INTRODUCTION	315
INFLUENCE DE LA FUMURE DES PLANTS D' <i>Eucalyptus robusta</i> SUR SA CROISSANCE	316
1. Dispositif expérimental	316
2. Résultats des mensurations	317
INFLUENCE DE LA FUMURE DES PLANTS D' <i>Eucalyptus robusta</i> SUR L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL	317
a) Techniques de prélèvement et d'analyse bactériologique	317
b) Résultats des analyses microbiologiques : comparaison de l'activité biologique du sol dans les parcelles fumées et non fumées	320
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DES SOLS	321
CONCLUSIONS	324
BIBLIOGRAPHIE	325

I. — Introduction

Des travaux récents ont mis en évidence l'influence de la fumure des plants forestiers en pépinière sur la croissance du peuplement après leur mise en place (6). L'étude que nous présentons ici a pour but non seulement de vérifier cette influence favorable de la fumure sur la végétation, mais surtout d'examiner les conséquences de ce traitement sur l'activité biologique du sol et d'en tirer des conclusions concernant les techniques de régénération des sols.

Les résultats des analyses nous permettent en outre de préciser certaines notions concernant l'interprétation des résultats de l'analyse bactériologique des sols.

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

Collection de Référence

n° 1084

2377.1356

II. — Influence de la fumure des plants d'*Eucalyptus robusta* sur la croissance de cette essence

1. DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai dont nous donnons les résultats ici a été mis en place en 1946 par Monsieur le Conservateur des Eaux et Forêts COUDREAU à la station d'essais forestiers d'Ampamaherana dans la province de Fianarantsoa.

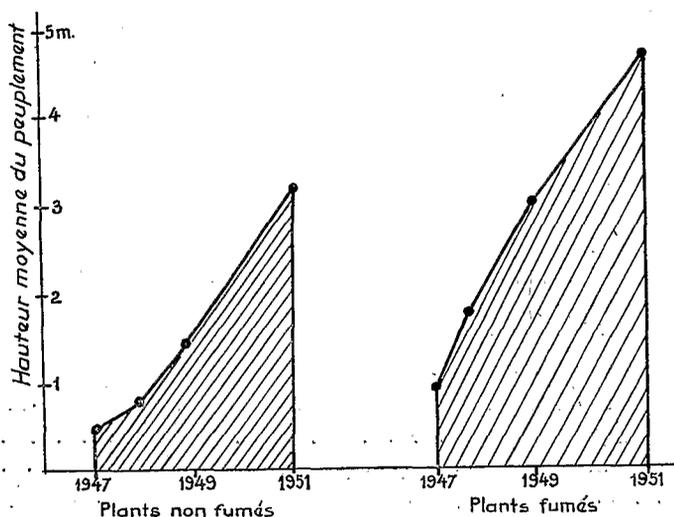


FIG. 1. — Courbes de croissance des peuplements d'*Eucalyptus robusta* : plants fumés et non fumés mis en place en 1946 (moyenne des 4 répétitions).

Les parcelles d'expérience au nombre de huit ont été installées sur des argiles latériques sur gneiss partiellement remaniées (1) souvent très érodées, de fertilité médiocre, et recouvertes d'une prairie à dominance d'*Aristida similis* ; 4 parcelles ont été reboisées avec des plants d'*Eucalyptus robusta* repiqués en pots de Bambou remplis avec de la terre de pépinière non fumée ; les 4 autres ont été reboisées avec des plants de la même essence repiqués dans des pots remplis avec un mélange comprenant 2 parties de terre de pépinière et 1 partie de fumier de parc ; ce fumier relativement riche en matière minérale constitue en réalité une fumure organo-minérale très satisfaisante. On a mis en place dans chaque parcelle de 10 m. × 10 m., 100 plants (plantations en trous) distants de 1 m. (Pl. VIII, C et D). Cet écartement serait évidemment trop faible dans une plantation normale.

(1) SÉGALÉN a décrit récemment les principaux sols de cette station (5).

2. RÉSULTAT DES MENSURATIONS

Les mensurations ont été faites régulièrement tous les ans sauf en 1950 et le tableau suivant indique la hauteur moyenne du peuplement dans chacune des huit parcelles étudiées ici.

TABLEAU I

Résultat des mensurations des plantations d'*Eucalyptus robusta* faites en 1946

Bloc	Situation du bloc	Traitement	Hauteur moyenne du peuplement exprimée en mètres			
			1947	1948	1949	1951
I	Exposition Est-Crête	Plants fumés	0,65	1,60	2,05	4
		Plants non fumés	0,35	1	1,65	2,60
II	Exposition Est-Mi-pente	Plants fumés	0,65	1,25	1,75	3,20
		Plants non fumés	0,40	0,65	1,30	2,20
III	Exposition Ouest-Crête	Plants fumés	1,15	2,20	4	5,60
		Plants non fumés	0,70	1,05	1,55	3,90
IV	Exposition Ouest-Mi-pente	Plants fumés	1,25	2,40	3,45	6
		Plants non fumés	0,75	0,80	1,90	4,10

Ces résultats prouvent que l'effet favorable de la fumure se prolonge et que l'écart entre les parcelles fumées et non fumées ne présente aucune tendance à diminuer. Bien que les parcelles soient de fertilité très inégale, nous avons représenté sur la figure 1 la courbe de croissance moyenne des 4 parcelles fumées et la courbe correspondante concernant les 4 parcelles témoins.

III. — Influence de la fumure des plants d'*Eucalyptus robusta* sur l'activité biologique du sol

A. — TECHNIQUES DE PRÉLÈVEMENT ET D'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Pour la numération des Bactéries fixatrices d'azote en aérobiose, et en anaérobiose, et pour celle des Bactéries cellulolytiques nous avons utilisé la technique de WINOGRADSKY modifiée (1).

Pour la numération des Bactéries nitreuses nous avons utilisé la méthode classique de WINOGRADSKY (2 et 7).

Ces numérations ont été faites par la technique du saupoudrage des plaques de gel de silice avec un poids connu de terre et les résultats sont exprimés en densité bactérienne, c'est-à-dire en nombre de Bactéries ou plus exactement de groupes de Bactéries ou colonies bactériennes par gramme de sol sec à l'air. Nous avons déterminé le pouvoir ammonifiant par la technique de POCHON et TCHAN modifiée (1 et 2). Ce pouvoir est exprimé en

mg. d'ammoniac produit par un gramme de terre enrichi en urée et mis à l'incubation à 27°C.

Les prélèvements ont été faits avec les précautions d'usage et les analyses ont été mises en route dans un délai maximum de 1 mois après la récolte des échantillons. Nous avons fait les prélèvements à deux époques différentes :

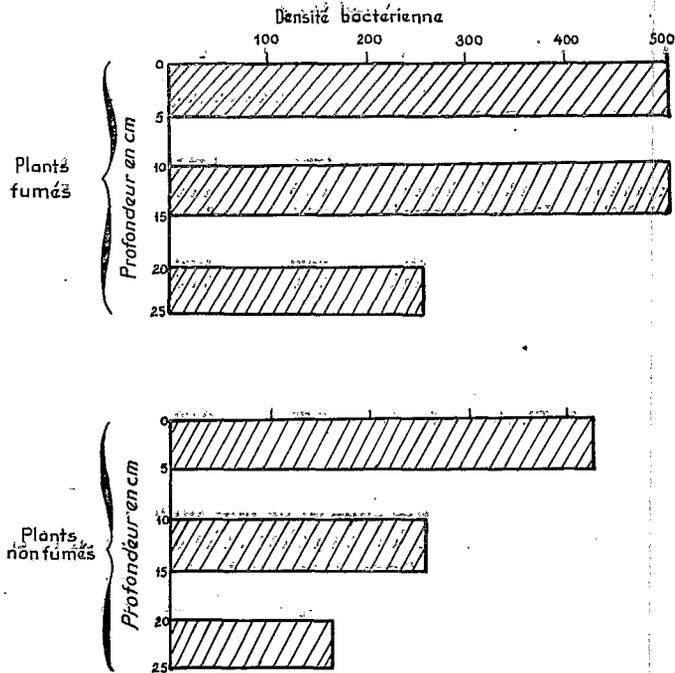


FIG. 2. — Répartition des Bactéries fixatrices d'azote en aérobiose dans les profils des parcelles d'*Eucalyptus robusta* : plants fumés et non fumés (moyenne des 4 répétitions).

a. au mois d'août 1951 dans les blocs I, II, III et dans les 2 horizons suivants :

— horizon 0 : où partie décomposée de la couverture morte (*H layer* des auteurs anglo-saxons) ;

— horizon 1 : horizon minéral prélevé entre 0 et 5 cm. de profondeur.

b. au mois de décembre 1951 dans les 4 blocs et dans les 3 horizons suivants :

— horizon 1 : de 0 à 5 cm. de profondeur ;

— horizon 2 : de 10 à 15 cm. de profondeur ;

— horizon 3 : de 20 à 25 cm. de profondeur.

Le dernier chiffre du numéro de chacun des échantillons est relatif à l'horizon où cet échantillon a été prélevé ; ainsi l'échantillon APM 2 132 a été prélevé dans l'horizon 2, c'est-à-dire entre 10 et 15 cm. de profondeur.

TABLEAU II

Influence de la fumure des plants d'*Eucalyptus robusta* sur l'activité biologique du sol
(Ampamaherana, août 1951)

Bloc	Traitement des plants	Numéro de l'échantillon	Densité des Bactéries fixatrices d'azote		Pouvoir ammoni- fiant	Densité	Densité des
			en aérobiose	en anaérobiose		des Bactéries nitreuses	Bactéries cellulo- lytiques
I	Fumés	APM 1 - 110	420	450	0,78	50	401
		111	810	170	1,10	10	530
I	Non fumés	120	200	260	1,34	30	140
		121	520	120	1,45	10	350
II	Fumés	140	510	470	0,61	30	660
		141	1.550	140	0,94	10	730
II	Non fumés	150	380	500	0,55	10	680
		151	410	280	1,26	10	720
III	Fumés	230	130	870	1,03	20	420
		231	320	480	1,24	30	540
III	Non fumés	240	200	760	1,24	10	410
		241	40	410	1,28	40	660

TABLEAU III

Influence de la fumure des plants d'*Eucalyptus robusta* sur l'activité biologique du sol
(Ampamaherana, décembre 1951)

Bloc	Traitement des plants	Numéro de l'échantillon	Densité des Bactéries fixatrices d'azote		Pouvoir ammo- nifiant	Densité	Densité	pH
			en aérobiose	en anaérobiose		des Bactéries nitreuses	Bactéries cellulo- lytiques	
I	Fumés	APM 2 - 111	410	770	1,26	10	245	5,4
		112	330	670	1,22	10	137	5,4
		113	60	390	1,18	10	100	5,4
I	Non fumés	121	570	400	1,19	10	260	5,4
		122	7	480	1,23	10	165	5,4
		123	13	380	1,28	10	105	5,4
II	Fumés	141	370	440	1,26	5	610	5,4
		142	140	580	1,27	0	425	5,4
		143	0	190	1,21	0	140	5,5
II	Non fumés	151	240	390	1,21	25	590	5,8
		152	40	180	1,25	15	460	6,1
		153	27	180	1,27	0	150	6
III	Fumés	231	470	200	1,31	10	470	6
		232	80	400	1,25	10	250	6
		233	13	210	1,23	0	182	5,6
III	Non fumés	241	60	370	1,41	10	520	5,4
		242	90	330	1,30	0	430	5,4
		243	7	45	1,14	5	240	5,8
IV	Fumés	251	13	580	1,25	10	630	6
		252	210	330	1,36	10	430	6,2
		253	7	200	1,37	15	60	6,4
IV	Non fumés	261	17	520	1,33	20	610	5,6
		262	0	60	1,26	20	220	6
		263	0	60	1,29	10	100	6

B. — RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES ;
COMPARAISON DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DU SOL DANS LES
PARCELLES FUMÉES ET NON FUMÉES

Les tableaux II et III indiquent les résultats complets des analyses microbiologiques dans les profils des parcelles fumées et non fumées.

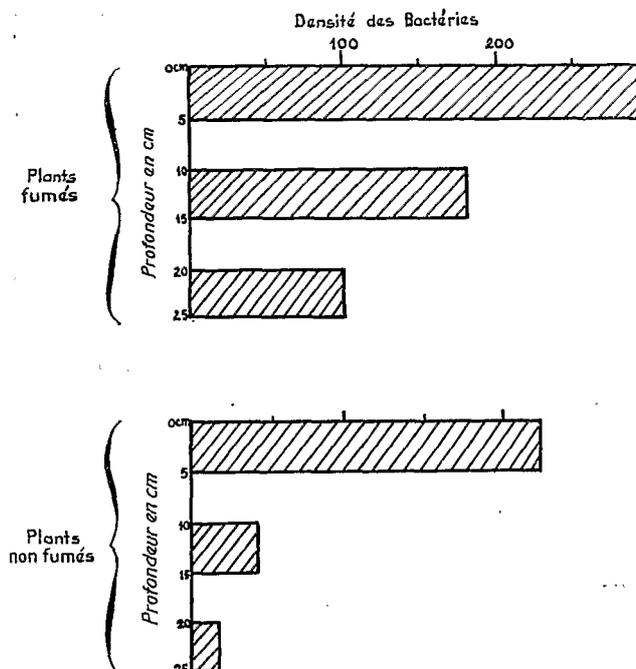
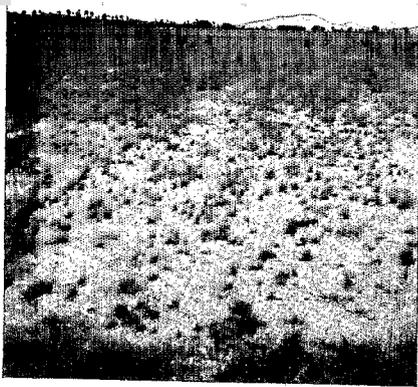


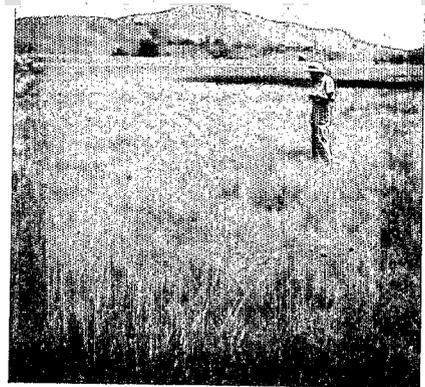
FIG. 3. — Répartition des Bactéries fixatrices d'azote en anaérobiose dans les profils des parcelles d'*Eucalyptus robusta* : plants fumés et non fumés (moyenne des 4 répétitions).

Les résultats des analyses des prélèvements faits au mois de décembre, confirment ceux qui concernent les échantillons récoltés au mois d'août.

- A, Le labour effectué il y a deux ans a amené une stérilisation partielle du sol où seules quelques petites Cypéracées ont pu se réinstaller (ferme de Faharetana). — B, La prairie, bien que de qualité fourragère médiocre, a conservé au sol son activité biologique et sa fertilité relative (ferme de Faharetana). — C, Parcelle d'*Eucalyptus robusta* du bloc III âgés de 6 ans ; plants non fumés (station forestière d'Ampamaherana, Fianarantsoa). — D, Parcelle d'*Eucalyptus robusta* du bloc III âgés de 6 ans ; plants fumés (station forestière d'Ampamaherana, Fianarantsoa). — E, Parcelle de *Pinus Khasya* âgés de 6 ans, sur sol érodé de mi-pente (station forestière d'Ampamaherana, Fianarantsoa). — F, Parcelle de *Pinus Khasya* âgés de 6 ans sur colluvions de bas de pente (station forestière d'Ampamaherana, Fianarantsoa).



A



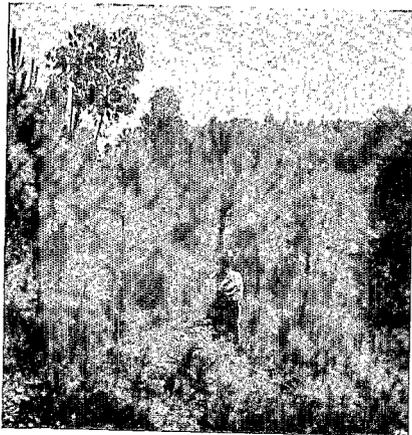
B



C



D



E



F

Pouvoir fixateur du sol. — Les figures 2 et 3 qui résument ces résultats mettent bien en évidence l'action favorable de la fumure sur le pouvoir fixateur du sol : la densité des Bactéries fixatrices d'azote aussi bien en aéro-biose, qu'en anaérobiose augmente considérablement dans les parcelles fumées et cet accroissement intéresse, non seulement l'horizon superficiel, mais les horizons plus profonds : le traitement équivaut à un approfondissement du sol.

Le pouvoir cellulolytique présente des variations qui ne sont pas significatives.

Le pouvoir nitrificateur est très faible, comme dans la plupart des sols forestiers, et la fumure est sans action sur la nitrification.

Le pouvoir ammonifiant a une valeur satisfaisante dans toutes les parcelles, mais ici non plus il n'y a pas de différences significatives.

IV. — Interprétation des résultats de l'analyse bactériologique des sols

Les Bactéries fixatrices d'azote atmosphérique jouent un rôle considérable dans la nutrition azotée des peuplements forestiers et nous venons de montrer qu'il existe une corrélation directe entre le taux de croissance d'une plantation d'*Eucalyptus robusta* et la densité en Bactéries fixatrices d'azote (2). Nous avons pu vérifier ce fait à la station d'Ampamaherana dans le cas de deux peuplements de *Pinus Khasya*, plantés également en 1946 (parcelles NBL/F). Le premier a été planté sur un sol très érodé de mi-pente et le second a été planté sur des colluvions de bas de pente (Pl. VIII, E et F). Les tableaux IV, V, VI et les figures 4 et 5 donnent les résultats des mensurations effectuées en 1947, 1948, 1949, 1951 et des analyses bactériologiques effectuées aux mois d'août et décembre 1951.

TABLEAU IV

Résultat des mensurations de deux plantations de *Pinus Khasya* faites en 1946

Parcelles	Hauteur moyenne de la plantation, en mètres			
	1947	1948	1949	1951
Sol érodé de mi-pente	0,29	0,49	0,68	1,17
Colluvion de bas de pente.	0,76	1,35	1,90	4,83

(2) POCHON et COPPIER (3) ont observé récemment cette corrélation directe entre la fertilité et le pouvoir fixateur du sol dans des alluvions de la région de Redon (Loire-Inférieure).

TABLEAU V

Répartition des microorganismes dans les profils de deux parcelles reboisées en *Pinus Khasya* en 1946 (prélèvements effectués au mois d'août 1951)

	Numéro de l'échantillon	Densité des Bactéries fixatrices d'azote		Pouvoir ammonifiant	Densité des Bactéries nitreuses	Densité des Bactéries cellulolytiques
		en aérobiose	en anaérobiose			
Mi-pente (érodé)	APM 1 - 170	50	160	0,99	70	450
	APM 1 - 171	110	130	1,34	20	740
Bas de pente (colluvion)	APM 1 - 180	170	160	0,95	30	850
	APM 1 - 181	4.000	230	1,34	20	1.420

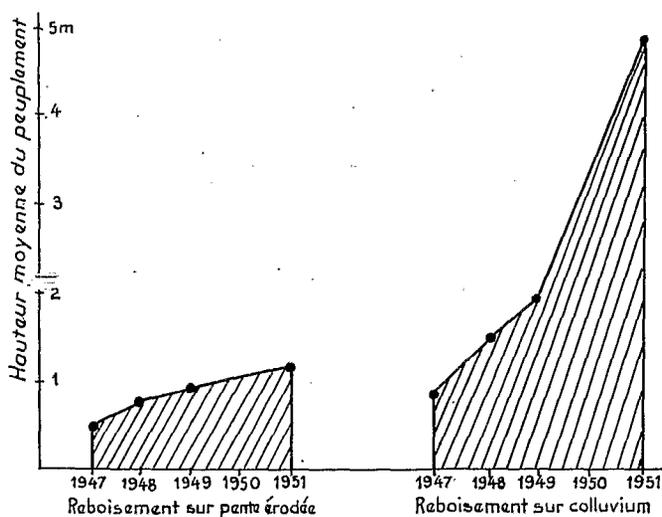


FIG. 4. — Courbes de croissance de deux peuplements de *Pinus Khasya* plantés en 1946.

TABLEAU VI

Répartition des microorganismes dans les profils de deux parcelles reboisées en *Pinus Khasya* en 1946 (prélèvements effectués au mois de décembre 1951)

	Numéro de l'échantillon	Densité des Bactéries fixatrices d'azote		Pouvoir ammonifiant	Densité des Bactéries nitreuses	Densité des Bactéries cellulolytiques	pH
		en aérobiose	en anaérobiose				
Mi-pente (érodé)	APM 2 - 171	7	20	1,20	10	210	5,6
	172	10	20	1,27	30	470	5,8
	173	13	50	1,19	30	415	5,4
Bas de pente (colluvion)	APM 2 - 181	590	1.620	1,28	30	735	5,4
	182	730	1.090	1,20	10	570	5,8
	183	390	720	1,27	20	335	5,6

Il importe enfin de remarquer que la corrélation positive qui existe entre la fertilité du sol — mesurée ici par le taux de croissance d'un peuplement forestier — et le pouvoir fixateur d'azote du sol mesuré par la densité des Bactéries fixatrices en aérobiose et en anaérobiose, va de pair avec un pouvoir ammonifiant relativement élevé et constant dans les différentes parcelles.

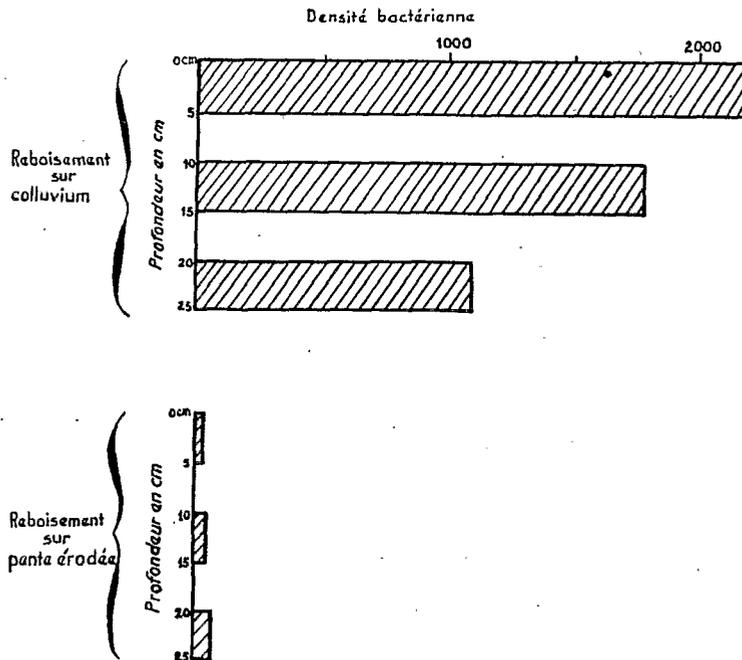


Fig. 5. — Répartition dans le profil des Bactéries fixatrices d'azote dans les parcelles de *Pinus Khasya* plantées en 1946.

Il n'est par contre pas possible d'établir l'existence d'une corrélation directe entre le pouvoir fixateur d'un sol et sa fertilité lorsque le pouvoir ammonifiant est trop faible (cas des plantes assimilant facilement l'azote ammoniacal) ou lorsque le pouvoir nitrificateur est trop faible (cas des plantes préférant l'azote sous forme nitrrique). C'est ce que nous avons pu constater en comparant deux échantillons récoltés par M. ROCHE, chef du Service pédologique de la station agricole du Lac Alaotra, au mois de novembre 1951 et dont nous donnons ci-dessous les résultats des analyses bactériologiques.

Numéro de l'échantillon	Densité des Bactéries fixatrices N en aérobiose	Densité des Bactéries fixatrices N en anaérobiose	Pouvoir ammonifiant	Densité des Bactéries nitreuses	Densité des Bactéries cellulolytiques
457	730	50	1,23	< 10	650
458	260	310	1,02	135	1.950

L'échantillon 458 provient d'un sol humifère de fertilité moyenne; l'échantillon 457 provient du même champ, mais a été prélevé dans une plage où l'horizon sous-jacent (alluvions micacées, type *Baiboho*) a été mis à nu par suite d'une opération de nivellement. Le champ a été cultivé de façon uniforme sur toute la surface, mais la végétation (Canne à sucre) est malvenante dans les parties décapées, c'est-à-dire précisément là où la nitrification est extrêmement faible (moins de 10 Bactéries nitreuses au gramme). Pourtant un examen superficiel des résultats de l'analyse aurait pu faire croire que l'échantillon 457 était le plus fertile puisque la densité en Bactéries fixatrices d'azote en aérobiose est près de 3 fois plus élevée que dans l'échantillon 458.

Nous avons observé dans d'autres cas la même diminution de fertilité liée à une diminution du pouvoir nitrificateur ou ammonifiant alors que le pouvoir fixateur d'azote était relativement élevé (3).

VI. Conclusions

A. — TECHNIQUE DU REBOISEMENT

La fumure des plants forestiers en pot accélère la croissance du peuplement et améliore le sol en activant son pouvoir fixateur d'azote atmosphérique. Son effet se prolonge de nombreuses années, vraisemblablement pendant toute la vie du peuplement.

a) *C'est une opération économique* puisqu'elle consiste simplement dans l'apport d'une quantité infime de fumier : 100 kg. environ à l'hectare dans le cas où l'on met 50 g. de fumier par pot ; cette fumure organique peut être améliorée par l'adjonction d'engrais minéraux tels que les phosphates dont les sols de Madagascar sont en général fort dépourvus ; elle peut aussi être appliquée à la plantation en « boule d'argile » qui dans certains cas et notamment à la station forestière d'Ampamaherana (4) a donné des résultats remarquables.

(3) Voir à ce sujet la note précédente concernant « Le rôle de la couverture du sol dans le maintien de l'accroissement de l'activité biologique ».

(4) L'analyse mécanique de la terre servant à la confection de ces « boules » a d'ailleurs montré que les meilleures ne contenaient pas 30 % d'argile. Voici à titre d'exemple le résultat de l'analyse d'un échantillon provenant de la station forestière d'Ampamaherana-Fianarantsoa (analyse effectuée par R. FERNET, chimiste à l'I.R.S.M.) :

Argile	28,9 %	Sable grossier	18,9 %
Limon	12,6 %	Sable fin	39,2 %

b) l'emploi de plants fumés provoque un approfondissement du sol et apparaît comme une technique d'avenir pour la régénération des sols dégradés.

B. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE
DES SOLS

La numération des Bactéries fixatrices d'azote permet de comparer la fertilité de sols voisins à condition qu'ils aient à peu près le même pouvoir ammonifiant ou nitrificateur et que ce pouvoir ammonifiant ou nitrificateur atteigne une valeur suffisante.

BIBLIOGRAPHIE

1. DOMMERMUES (Y.), 1952. — L'analyse microbiologique des sols tropicaux acides. — *Mém. Inst. sci. Madag.*, D, IV, 2.
2. POCHON (J.) et TCHAN (Y. T.), 1948. — Précis de microbiologie du sol. — Paris, Masson.
3. POCHON (J.) et COPPIER (O.), 1951. — Sur les rapports entre la microflore et la fertilité d'un sol. — *Ann. agron.*, A, 4, p. 425-8.
4. RIQUIER (J.), 1951. — Essai de classification des sols latéritiques de Madagascar selon la topographie. — *Mém. Inst. sci. Madag.*, D, III, 1, p. 88-99.
5. SÉGALEN (P.), 1951. — Etude des sols du périmètre forestier d'Ampama-herana (région de Fianarantsoa). — *Mém. Inst. sci. Madag.*, D, III, 1, p. 147-164.
6. WILDE (S. A.), 1946. — Forest Soils and Forest Growth. — Waltham, Chronica Botanica Co.
7. WINOGRADSKY (S.), 1949. — Microbiologie du sol. — Paris, Masson.