



*A gauche, traitement 10, Mycorhize Pointe-Noire.
A droite, traitement 1, Pisolithus tinctorius.
« Juillet 1982 »*

Photo C.T.F.T. Congo.

STIMULATION DE LA CROISSANCE INITIALE DE *PINUS CARIBAEA* MORELET DANS UNE PLANTATION DU CONGO PAR CONTRÔLE DE LA MYCORHIZATION

par J.-C. DELWAULLE (*), J. GARBAYE (**)
et G. OKOMBI (*)

(*) CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL,
(République Populaire du Congo).

(**) CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIÈRES,
CHAMPENOUX.

SUMMARY

STIMULATION OF THE INITIAL GROWTH OF PINUS CARIBAEA MORELET IN A PLANTATION IN THE CONGO BY CONTROL OF MYCORRHIZATION

Pines can be successfully planted in intertropical Africa only through the simultaneous introduction of ectomycorrhizian fungi, which are lacking in indigenous associations. It used to be common practice in Africa to regularly inoculate nurseries with soil from existing plantations in order to maintain mycorrhization. The results were often disappointing, because most mycorrhizas were due to Rhizopogon luteolus, a fungus which does not easily withstand drought and high temperatures.

It was recently shown that other pure strains can help to improve the growth of saplings. This is notably the case with Pisolithus tinctorius.

This article sums up the results of experiments carried out on this subject in the region of Pointe Noire.

RESUMEN

ESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DE PINUS CARIBAEA MORELET EN UNA PLANTACIÓN DEL CONGO, POR CONTROL DE LA MICORRHIZACIÓN.

El éxito de la implantación de los pinos en Africa intertropical únicamente se puede obtener mediante la introducción simultánea de hongos ectamicorhizianos de que se carece en las combinaciones indígenas. Una práctica corriente en Africa consistía en inocular regularmente los viveros con sueros de las plantaciones existentes con objeto de mantener la micorrización.

Este modo de proceder ha resultado frecuentemente defraudador ya que la mayor parte de los micorrizas se debían a Rhizopogon luteolus hongo que resiste incorrectamente a la sequía y a las temperaturas elevadas.

Se ha podido demostrar recientemente que otras estirpes puras pueden contribuir a mejorar el crecimiento de las plantas como así ocurre, particularmente, al tratarse de Pisolithus tinctorius.

En el artículo que figura a continuación se resumen los resultados de las experimentaciones que se han emprendido a este respecto en la región de Pointe Noire.

INTRODUCTION

Le succès de l'implantation de pins en Afrique intertropicale ne peut être obtenu que grâce à l'introduction simultanée des champignons ectomycorhiziens adaptés, qui font défaut dans les associations indigènes. L'inoculum de départ a généralement été apporté sous forme de plants mycorrhizés ou de sol provenant de peuplements de pins d'autres continents. Actuellement, pour entretenir cette mycorrhization, une pratique courante en Afrique consiste à inoculer régulièrement les pépinières avec du sol des plantations déjà existantes (MIKOLA, 1973).

Mais cette pratique s'avère lourde à mettre en œuvre ; les champignons ainsi utilisés ne sont pas forcément les mieux adaptés aux conditions locales ou les plus efficaces pour la croissance des pins, et il y a le risque d'introduction de pathogènes en pépinière. Par exemple, au Nigéria, EKWEBELAM (1974), MOMOH

(1973 et 1976) et MOMOH et GBADEGESIN (1975 et 1980) ont montré que la plupart des mycorrhizes de *Pinus caribaea* Morelet et de *Pinus oocarpa* Schiede étaient dues à *Rhizopogon luteolus*, et que l'échec de beaucoup de plantations pouvait être attribué à la mauvaise résistance de ce champignon à la sécheresse et aux hautes températures. Ils ont également montré que l'inoculation des pépinières par d'autres souches pures pouvait améliorer la croissance des plants, en particulier grâce à *Pisolithus tinctorius*. Ces résultats, ainsi que ceux de MARX et al. (1977) aux Etats-Unis, montrent tout l'intérêt du contrôle de la mycorrhization par des souches pures sélectionnées pour leur efficacité et leur compétitivité (MARX, 1980). Nous présentons ici les premiers résultats obtenus dans ce sens en République Populaire du Congo.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LE SITE

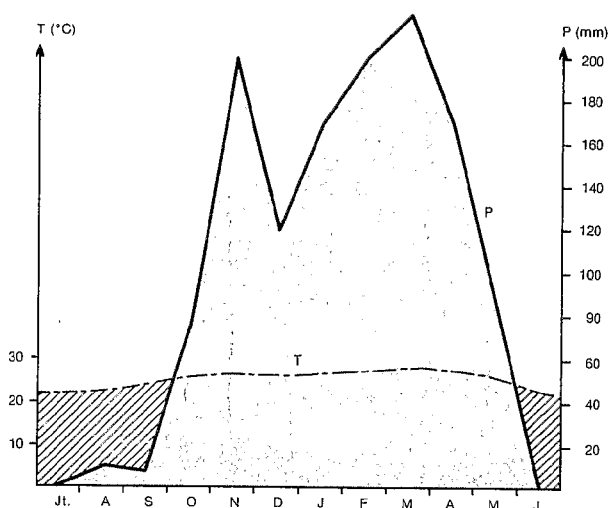
La pépinière et la plantation sont situées à Loandjili, près de Pointe-Noire, dans la savane côtière congolaise, à environ 5° de latitude sud. Le climat équatorial de type bas-congolais se caractérise par une saison

sèche très marquée (4 à 5 mois) et une pluviométrie moyenne de l'ordre de 1.250 mm, assez bien répartie le reste de l'année (voir diagramme climatique de la figure 1). Les températures varient peu et

restent modérées (22 à 28 °C). L'humidité de l'air est élevée, même en saison sèche (80 à 85 %), ce qui entraîne des précipitations occultes sous forme de rosée matinale.

Toute la plaine côtière, jusqu'à la chaîne cristalline du Mayombe, à environ 40 km de l'océan, est constituée par des épandages quaternaires de sable fin légèrement argileux en profondeur. Le sol, très homogène sur d'immenses étendues plates, est peu différencié. Sous les graminées de la savane, l'horizon A 1, de 10 à 20 cm, a une teneur en matière organique de 3 à 4 %, un C/N de 12 à 16 et un pH de 4,5 à 6.

FIG. 1. — Diagramme ombrothermique de Pointe-Noire (Latitude 4°49'S ; longitude 11°54'E ; altitude 16 m) Moyennes mensuelles sur la période de 1935 à 1978 Moyennes annuelles P = 1 254 mm ; T = 25°C.



MYCORHIZATION DES PLANTS EN PÉPINIÈRE

Les graines de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. et Golf. ont été semées en germe dans du sol de savane désinfecté au formol (*). Un mois plus tard, les plantules ont été repiquées individuellement dans des sacs de polyéthylène de 1,8 litre contenant le même sol désinfecté, sauf pour les traitements 12, 13 et 15 pour lesquels le sol de savane n'a pas été désinfecté.

L'inoculum a été localisé dans le trou de repiquage à raison de 50 cm³ environ par plant.

Quinze (15) traitements ont été réalisés :

- 1 — *Pisolithus tinctorius* (souche 1, provenance Caroline du Nord, E.U., isolée à partir d'un carpophore récolté sous *Pinus taeda* L. par F. LE TACON).
- 2 — *Pisolithus tinctorius* (souche 2, provenance Georgie, E.U., isolée à partir d'un carpophore récolté sous *Pinus taeda* par D. MARX).
- 3 — *Pisolithus tinctorius* (souche 3, provenance Georgie, E.U., isolée à partir d'un carpophore récolté sous chêne par F. LE TACON).
- 4 — *Suillus bellini* (provenance France, isolée à partir d'un carpophore récolté sous pin par D. MOUSAIN).

- 5 — *Suillus bovinus* (provenance France, isolée à partir d'un carpophore récolté sous pin par D. MOUSAIN).
- 6 — *Suillus luteus* (provenance Nancy (France), isolée à partir d'un carpophore récolté sous *Pinus nigra* Arn. ssp. *nigricans* Host. par F. LE TACON).
- 7 — *Suillus granulatus* (provenance Nancy (France), isolée à partir d'un carpophore récolté sous *Pinus nigra* ssp. *nigricans* par F. LE TACON).
- 8 — *Hebeloma cylindrosporum* (provenance dunes des Landes de Gascogne (France), isolée à partir d'un carpophore récolté sous *Pinus pinaster* Ait. par G. BRUCHET).
- 9 — *Rhizopogon luteolus* (provenance inconnue).
- 10 — Mycorhize de Pointe-Noire : inoculum constitué par la litière de l'horizon A 1 d'une vieille plantation de *Pinus caribaea* de la région de Pointe-Noire (probablement *Rhizopogon* sp.).
- 11 — Mycorhize de Loudima : même type d'inoculum que le traitement 10, mais provenant d'un peuplement de *Pinus caribaea* dans une région du Congo, à l'intérieur (probablement *Geastrum congolense*).
- 12 — Mycorhize de Pointe Noire, inoculée sur sol de savane non désinfecté.
- 13 — Mycorhize de Loudima, inoculée sur sol de savane non désinfecté.
- 14 — Témoin sans inoculation, sur sol de savane désinfecté.

(*) Le sol, réparti sur une surface d'1 m², a été désinfecté grâce à deux (2) arrosages de 10 litres chacun, d'une solution de formol à 1,25 % de matière active, obtenue à partir d'une solution commerciale à 35 %. A la fin de chaque arrosage, le sol a été recouvert d'une bâche plastique pendant deux (2) jours. On a attendu ensuite un (1) mois après le deuxième arrosage, l'évaporation totale du produit pour semer.

15 — Témoin sans inoculation, sur sol de savane non désinfecté.

L'inoculum des neuf (9) premiers traitements était constitué par une culture pure de mycélium sur un mélange de vermiculite et de tourbe (2/3-1/3 en volume) imprégné à la capacité au champ de milieu

nutritif de PACHLEWSKI. L'inoculum n'a pas été lavé avant emploi.

Après quatre mois de croissance en pépinière, au moment de la plantation au début de la saison des pluies, un échantillon de plants a fait l'objet d'une observation de la mycorhization.

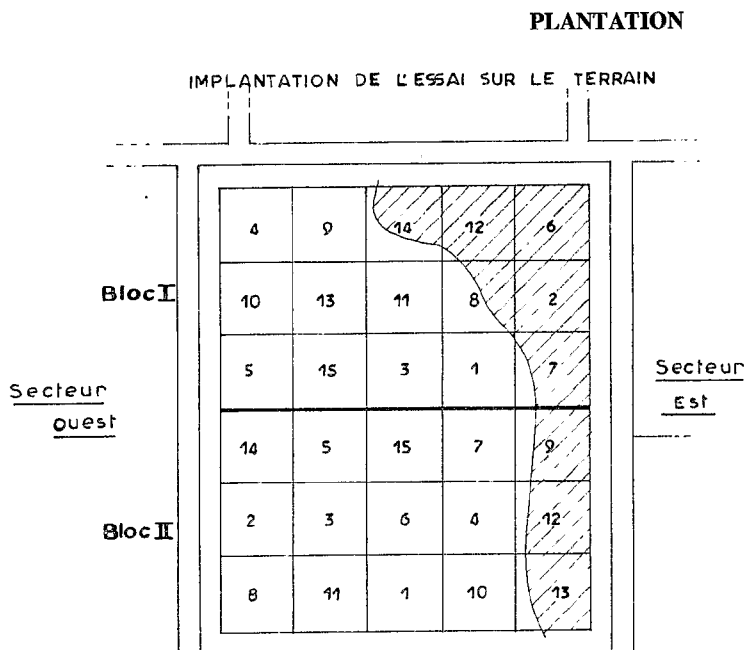


Figure 2

Les plants ont été mis en place sur le terrain, en motte à l'écartement de 3,5 m × 3,5 m sur le sol de savane labouré, en Novembre 1980 (début de la saison des pluies). Quarante-trois (43) grammes d'engrais 13-13-21 (N-P₂O₅-K₂O) ont été apportés dans chaque trou de plantation. Le dispositif comporte

deux blocs, avec des placeaux de 7 × 7 soit 49 plants.

L'essai est entouré de deux (2) lignes de bordure.

L'examen de la savane préexistante et du terrain après labour n'avait pas permis de mettre en évidence des différences au niveau terrain avant la mise en place de l'essai. La végétation herbacée, en cours de la saison des pluies, a cependant montré que ce terrain n'était pas homogène et que deux (2) secteurs pouvaient être nettement délimités (cf. figure 2).

Il y a alors été décidé de ne tenir compte, pour les interprétations, que des traitements du secteur Ouest figurant dans les deux blocs, c'est-à-dire les traitements 1, 3, 4, 5, 10, 11 et 15 en éliminant les traitements entachés d'erreurs du fait de leur présence dans le secteur Est.

Les traitements éliminés l'ayant été selon un critère objectif, l'analyse statistique de l'essai pourra être effectuée en considérant qu'il s'agit d'un essai en blocs complets, sept (7) traitements, deux (2) blocs.

L'essai a été mesuré huit (8) mois et vingt (20) mois après la plantation (hauteur totale de tous les plants).

RÉSULTATS

EN PÉPINIÈRE

Les plants n'ont pas été mesurés avant leur mise en place sur le terrain. Cependant, il apparaissait clairement que trois (3) traitements inoculés présentaient un meilleur développement que la moyenne : *Suillus granulatus*, *Hebeloma cylindrosporum* et à un degré moindre *Pisolithus tinctorius* 2. Par contre, l'inoculation par *Rhizopogon luteolus* a eu un effet dépressif très net sur la croissance des semis.

Le tableau 1 donne les résultats de l'observation de la mycorhization des plants. L'intensité de la mycorhization, sur l'ensemble des systèmes racinaires de 5 plants tirés au hasard dans chaque traitement, est

notée de 0 (pas de mycorhize) à 3 (systèmes racinaires entièrement mycorhizés) pour chaque type de mycorhize.

Quatre (4) types ont été distingués :

— type indigène (très semblable pour Pointe-Noire et Loudima) : très coralloïde, manteau lisse beige clair, cordons fins ;

— type *Pisolithus* : dichotomique à tendance coralloïde, manteau épais et feutré, jaune à ocre, gros cordons jaunes ;

— type *Hebeloma* : clair, peu ramifié (simple ou dichotomique), allongé, manteau lâche et très peu épais, mycélium frangeant blanc très abondant ;

TABLEAU n° 1
MYCORHIZATION À LA PLANTATION (NOTÉE DE 0 À 3)

Traitement	Mycorhization (notée de 0 à 3)			
	Type indigène	Type <i>Pisolithus</i>	Type <i>Hebeloma</i>	Type <i>Suillus</i>
— Mycorhize de Pointe-Noire sur sol désinfecté	1	0	0	0
— Mycorhize de Pointe-Noire sur sol non désinfecté	2	0	0	0
— Mycorhize de Loudima sur sol désinfecté	1	0	0	0
— Mycorhize de Loudima sur sol non désinfecté	2	0	0	0
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 1	0	3	0	0
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 2	0	2	0	0
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 3	0	3	0	0
— <i>Hebeloma cylindrosporum</i>	0	0	2	0
— <i>Suillus bellini</i>	0	0	0	2
— <i>Suillus bovinus</i>	0	0	0	2
— <i>Suillus granulatus</i>	0	0	0	3
— <i>Suillus luteus</i>	0	0	0	1
— <i>Rhizopogon luteolus</i>	0	0	0	0
— Témoin sans inoculation, sur sol désinfecté	2	0	0	0
— Témoin sans inoculation, sur sol non désinfecté	3	0	0	0

— type *Suillus* : dichotomique à tendance coralloïde, manteau épais, dense, feutré en surface, gros cordons, couleur blanche à beige.

On voit que les mycorhizes indigènes de Pointe-Noire sont présentes même sur le témoin désinfecté, probablement du fait d'une contamination par des spores atmosphériques. Elles sont par contre absentes dans tous les traitements inoculés par des souches pures, même dans le cas de *Rhizopogon luteolus* qui n'a pas formé de mycorhizes. Le type indigène est donc peu compétitif vis-à-vis des souches introduites. Enfin, il est significatif de noter que le seul traitement non mycorhizé (*Rhizopogon luteolus*) est précisément celui qui a eu la plus faible croissance en pépinière.

Peu de temps avant la plantation, des carpophores de *Pisolithus tinctorius* sont apparus au pied de certains plants du traitement *Pisolithus tinctorius* 1.

HUIT MOIS APRÈS LA PLANTATION

Le taux de reprise après huit (8) mois est excellent de (96 à 100 %) et ne présente pas des différences significatives entre traitements. L'analyse de la variance à deux facteurs contrôlés (bloc et traitement) sur la hauteur à huit (8) mois donne F^6 calculé de 7,19 significatif au risque de 5 % et une p.p.d.s. de 10,2 cm au risque de 5 %.

Plant mycorhizé avec traitement 1, *Pisolithus tinctorius* —
Présence d'un carpophore.

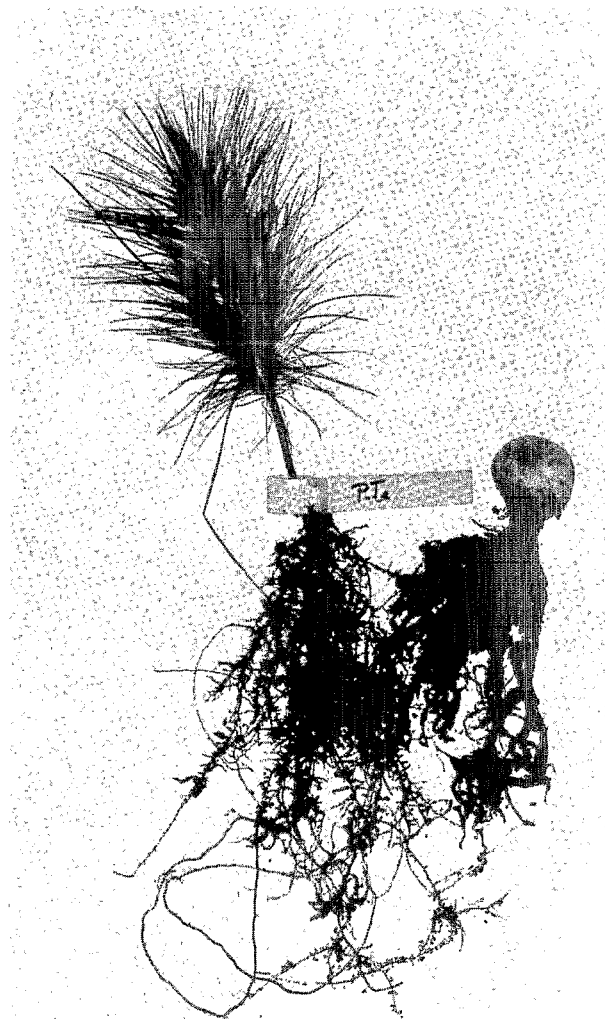
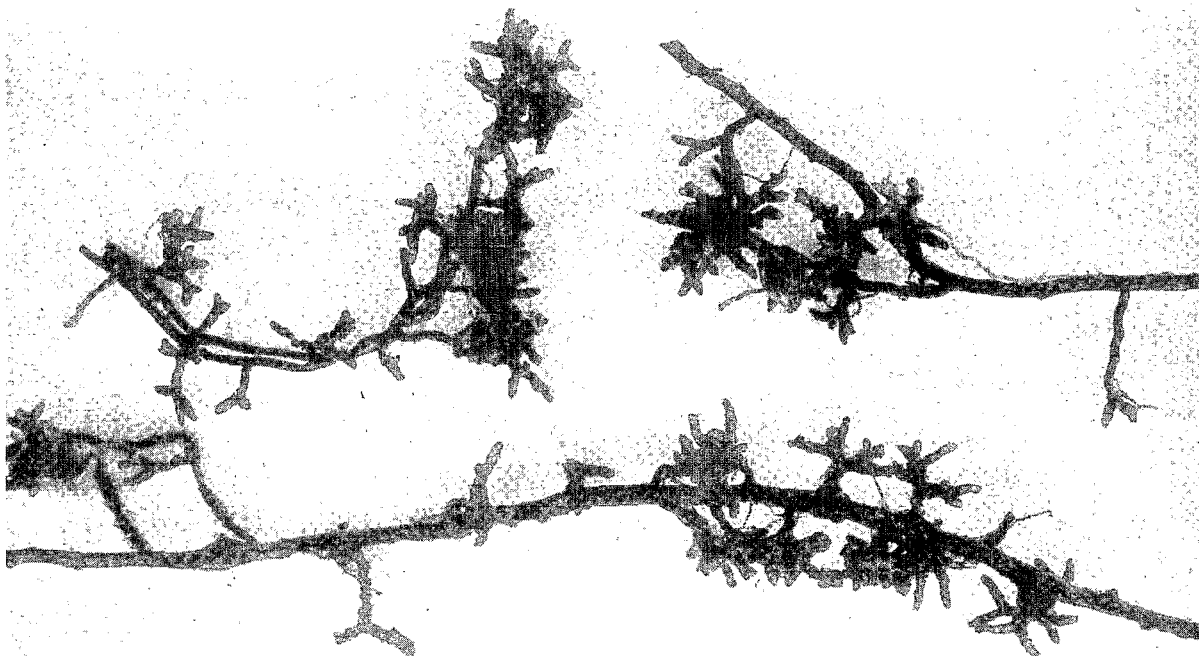


Photo C.T.F.T. Congo.



Mycorhizes Loudima, traitement n° 13.

TABLEAU n° 2

HAUTEURS MOYENNES 8 MOIS APRÈS PLANTATION ET DIFFÉRENCES SIGNIFICATIVES.

Les traitements sont classés par ordre de hauteur décroissante. Les hauteurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Traitement	Hauteur moyenne (cm)
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 1	66,5 a
— Mycorhize de Loudima	55,6 b
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 3	55,2 b
— <i>Suillus bovinus</i>	49,4 b,c
— Témoin sans inoculation sur sol non désinfecté	47,5 b,c
— <i>Suillus bellini</i>	47,1 b,c
— Mycorhize de Pointe-Noire sur sol désinfecté	42,6 c

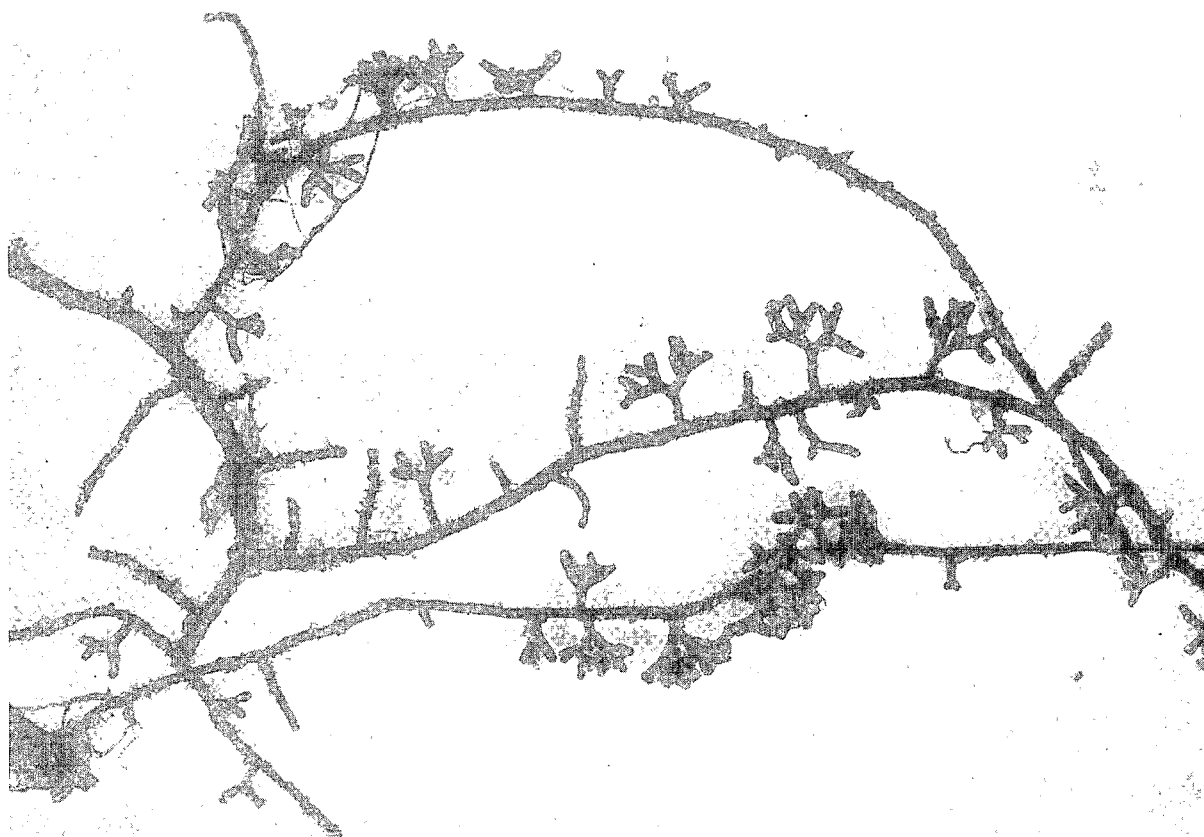
Le tableau 2 donne les résultats par traitement et les différences significatives. On voit que trois types d'inoculation (*Pisolithus tinctorius* 1, *Pisolithus tinctorius* 3 et Mycorhize de Loudima) donnent une croissance significative supérieure à celle obtenue avec la

mycorhize locale de Pointe-Noire et que *Pisolithus tinctorius* 1 est significativement supérieur aux deux autres.

Le témoin 15, sur sol de savane non désinfecté, s'est infesté naturellement, probablement avec la mycorhize locale. Il est à noter que ce traitement est significativement meilleur que le traitement 10 (mycorhize locale sur sol de savane désinfecté). Ceci semble montrer que l'inoculation à partir d'humus de plantation apporte non seulement l'inoculum mycorhizien mais aussi un facteur dépressif pour lequel on peut seulement, faute de preuves, formuler l'hypothèse qu'il s'agit d'agents pathogènes.

Le gain du traitement *Pisolithus tinctorius* 1 par rapport à ce témoin est de 42 % huit (8) mois après la plantation. Ce gain ne semble pas dû à d'éventuelles différences de taille des plants au départ, puisque celles-ci ne différaient pas significativement. Il s'agit donc bien d'un effet propre des mycorhizes après plantation.

Un an après la plantation, des carpophores de *Pisolithus tinctorius* ont été récoltés dans le traitement *P. tinctorius* 1.



Mycorhizes du traitement 1, *Pisolithus tinctorius*.

Photo Congo.

VINGT MOIS APRÈS LA PLANTATION

Le taux de survie après un an et huit mois est toujours excellent (de 96 à 100 %). L'analyse de variance à deux facteurs contrôlés (bloc et traitement) sur la hauteur à vingt (20) mois donne un F^6 calculé de 10,27 significatif au risque de 5 % et une p.p.d.s. de 27,74 cm au risque de 5 %.

Le tableau 3 donne les résultats par traitement et les différences significatives.

Le fait le plus marquant est de constater que l'effet des mycorhizations effectuées demeure extrêmement net plus d'un an et demi après la plantation : *Pisolithus tinctorius* 1 demeure nettement en tête, significativement différent des autres traitements.

Il faut également remarquer que les traitements 10, mycorhize locale sur sol de savane désinfecté et 15, témoin sur sol de savane non désinfecté, infesté naturellement par la mycorhize locale, occupent maintenant des positions équivalentes en bas de tableau. L'effet de l'agent dépressif apporté par l'humus de plantation de pins a donc été de courte durée.

Le gain de *Pisolithus tinctorius* 1 par rapport à la mycorhize locale se maintient à plus de 42 % vingt (20) mois après la plantation, ce qui est très important.

TABLEAU n° 3

HAUTEURS MOYENNES 20 MOIS APRÈS PLANTATION ET DIFFÉRENCES SIGNIFICATIVES.

Les traitements sont classés par ordre de hauteur décroissante. Les hauteurs suivies d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Traitement	Hauteur moyenne (cm)
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 1	231,5 a
— Mycorhize de Loudima	200,5 b
— <i>Pisolithus tinctorius</i> 3	196,5 b,c
— <i>Suillus bovinus</i>	175,0 b,c,d
— <i>Suillus bellini</i>	172,0 c,d
— Mycorhize de Pointe-Noire sur sol désinfecté	162,0 d
— Témoin sans inoculation, sur sol non désinfecté	160,0 d

Signalons enfin, bien que ces traitements aient été sortis de l'analyse statistique, le bon comportement dans le bloc 2 des traitements 7 : *Suillus granulatus*

(225 cm) et 8 : *Hebeloma cylindrosporum* (243 cm). On remarque que ces deux traitements avaient également donné les meilleures croissances en pépinière.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces résultats montrent donc que, dans la région de Pointe-Noire, il est possible de mycorhizer les plants de *Pinus caribaea* dès la pépinière par des souches pures, que huit (8) mois seulement après plantation, certains champignons mycorrhiziens introduits s'avèrent plus efficaces que le champignon mycorrhizien local, et que cette efficacité subsiste jusqu'à l'âge de vingt (20) mois au moins.

Ceci est vrai pour la mycorhize attribuée à *Geastrum congolense* et provenant des plantations de pins d'une autre région du Congo, mais surtout pour *Pisolithus tinctorius*, champignon thermophile ayant déjà fait ses preuves en mycorhization contrôlée dans le Sud-est des Etats-Unis (MARX et al., 1977). *P. tinctorius* est non seulement efficace mais relativement compétitif puisque son effet sur la croissance peut s'exprimer après la plantation, surtout pour la souche 1 dont la fructification un an après, prouve que cette souche s'est maintenue sur les racines des plants. L'introduction de *P. tinctorius* semble donc être réussie et constitue un indéniable facteur de progrès pour les plantations

futures. Les mesures ultérieures et la quantification de la mycorhization de cette plantation d'essai permettront de préciser la compétitivité de ce champignon mycorrhizien dans les conditions de la savane côtière congolaise.

Enfin, on remarque que la supériorité de la flore mycorrhizienne de Loudima et des deux souches de *P. tinctorius* s'exprime malgré la fertilisation à la plantation.

Les observations qui viennent d'être faites confirment et complètent celles de MARX, EKWEBELAM, MOMOH et al. (déjà cités) et renforcent l'intérêt pratique du contrôle de la mycorhization par des souches pures dans les reboisements en région intertropicale.

Un nouvel atout pour le développement de ces techniques est constitué par la possibilité toute récente de produire industriellement, en grande quantité, de l'inoculum mycélien grâce à la technique d'inclusion du mycélium vivant dans des polymères organiques (LE TACON et al., 1982).

BIBLIOGRAPHIE

- EKWEBELAM S. A., 1974. — Studies of Pine mycorrhizae at Ibadan. *Research Paper* (Forest Serie), Fed. Dept. of For. Research, Nigeria, n° 18.
- LE TACON F., JUNG G., MICHELOT P., MUGNIER M., 1982. — Efficacité en pépinière forestière d'un inoculum de champignon ectomycorrhizien produit en fermenteur et inclus dans une matrice de polymères. Document à diffusion limitée, Centre National de Recherches Forestières, Champenoux 54280 Seichamps (France) et sous presse dans les Annales des Sciences Forestières.
- MARX D. H., BRYAN W. C., CORDELL C. E., 1977. — Survival and growth of Pine seedlings with *Pisolithus ectomycorrhizae* after two years on reforestation sites in North Carolina and Florida. *Forest Sci.*, 23.
- MIKOLA P., 1973. — Application of Mycorrhizal symbiosis in forestry practice. In *Ectomycorrhizae*, edited by G. C. MARKS and T. T. KOZLOWSKI, Academic Press, New York and London.
- MOMOH Z. O., 1973. — The problems of mycorrhizal establishment in the savanna zone of Nigeria. *Research Paper* (Savanna Serie), Fed. Dept. of For. Research, Nigeria, n° 28.
- MOMOH Z. O., GBADEGESIN R. A., 1975. — Preliminary studies with *Pisolithus tinctorius* as a mycorrhizal fungus of Pines in Nigeria. *Research Paper* (Savanna Serie), Fed. Dept. of For. Research, Nigeria, n° 37.
- MOMOH Z. O., 1976. — Synthesis of mycorrhizae on *Pinus oocarpa*. *Annals of Applied Biology*, 82 (2).
- MOMOH Z. O., GBADEGESIN R. A., 1980. — Field performance of *Pisolithus tinctorius* as a mycorrhizal fungus of Pines in Nigeria. In *Tropical Mycorrhiza Research*, edited by P. MIKOLA, Clarendon Press, Oxford.