

CHAMPIGNONS ET ECTOMYCORRHIZES DU FOUTA DJALON

par D. THOEN (*) et M. DUCOUSSO (**)

SUMMARY

FUNGI AND ECTOMYCORRHIZAS IN FOUTA DJALON

Ectomycorrhizas (ECM) were observed on five native trees : Uapaca chevalieri, U. guineensis (Euphorbiaceae), Afzelia africana, A. bracteata, Anthonotha crassifolia (Caesalpinaceae) as well as on introduced species, Pinus spp. (Pinaceae), Eucalyptus spp. (Myrtaceae) and Cinnamomum zeylanicum (Lauraceae). The anatomy of the ECM was investigated. Endomycorrhizas were present on young seedlings of Afzelia africana whereas only ECM were present on adult trees.

The diversity of ectomycorrhizal fungi was high in the native stands, especially under Uapaca and Anthonotha. The fungi belonged mainly to species of boletes, amanitas, russulas and lactarius. Some of them were apparently widely distributed in tropical Africa. Two hypogeous fungi were discovered showing that this ecological group might be more important in tropical forests than formerly believed.

Keywords : tropical ectomycorrhizas, mycorrhizal fungi, native and artificial forest.

RESUMEN

HONGOS Y ECTOMICORRHIZAS DEL FOUTA DJALON

Se observaron las ectomicorhizas en cinco especies de árboles nativos : Uapaca chevalieri, U. guineensis (Euphorbiaceae), Afzelia africana, A. bracteata y Anthonotha crassifolia (Caesalpinaceae), así como también en especies introducidas : Pinus spp. (Pinaceae), Eucalyptus spp. (Myrtaceae) y Cinnamomum zeylanicum (Lauraceae). Un estudio anatómico fue efectuado. Las ectomicorhizas se observaron en las plantas adultas. En plantas jóvenes de A. africana se constató la presencia de endomicorhizas.

La diversidad de los hongos ectomicorhizianos es mayor en las áreas naturales, principalmente bajo U. chevalieri y A. crassifolia. Los hongos fueron esencialmente especies de boletos, amanitas, rúsculas y lactarios. Algunos de ellos están ampliamente distribuidos en África Tropical. Se descubrieron dos hongos hipógeos, lo cual sugiere que este grupo ecológico está mejor representado en los bosques tropicales que lo informado anteriormente.

Palabras claves : Ectomicorhizas tropicales, Hongos micorhizianos, bosque natural y artificial.

(*) F.U.L., Fondation Universitaire Luxembourgeoise, 140, rue des Déportés, B-6700 Arlon, Belgique.

Détaché à :
O.R.S.T.O.M., Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, B.P. 1386, Dakar, Sénégal.

(**) C.T.F.T., Centre Technique Forestier Tropical, 45 bis, avenue de la Belle Gabrielle, 94736 Nogent-sur-Marne CEDEX, France.

Détaché à :
I.S.R.A., Institut Sénégalais de la Recherche Agricole, B.P. 2312, Dakar, Sénégal.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une collaboration entre l'ORSTOM et le CTFT, une mission ayant pour objet l'étude des mycorhizes a été réalisée au Fouta Djalou durant le mois de juillet 1988.

En effet, les connaissances sur le statut mycorhizien des arbres de l'Afrique occidentale sont très fragmentaires, en particulier pour les espèces indigènes. Les champignons mycorhiziens n'ont pas été recensés dans cette région, exception faite de quelques forêts du sud du Sénégal où THOEN et BA (1, 2) ont mis en évidence une richesse insoupçonnée de macromycètes croissant manifestement en symbiose avec *Afzelia africana* SM. et *Uapaca guineensis* Müll. Arg. Ailleurs en Afrique on connaît déjà un nombre important de genres et d'espèces ectomycorhiziens surtout parmi les *Caesalpinioïdeae* et les *Euphorbiaceae* (3, 4).

Ces espèces croissent principalement dans les forêts claires soudano-zambésiennes et dans les forêts denses sempervirentes ou semi-décidues (4).

Certaines espèces ectomycorhizées sont économiquement intéressantes comme par exemple plusieurs représentants du genre *Afzelia* (linkés). Le rôle bénéfique des mycorhizes dans la croissance des arbres est actuellement bien établi. L'amélioration de la nutrition, surtout phosphatée, et de l'économie en eau de l'arbre hôte par les mycorhizes, sont les effets parmi les mieux connus et les plus importants en Afrique où le phosphore et l'eau sont très souvent des facteurs limitants de la croissance. Des synthèses de ces travaux ont été faites récemment notamment par BOWEN (5 et 6) et HARLEY et SMITH (7).

Certains genres réputés ectomycorhiziens tels que *Afzelia*, *Anthothoa* et *Uapaca* sont présents dans le Fouta Djalou (8, 9) et ont été étudiés plus particulièrement. Nous avons aussi recherché des ectomycorhizes parmi les espèces exotiques sur les pins, les eucalyptus et incidemment sur le cannellier de Ceylan introduit à Dalaba dans le jardin botanique créé par A. CHEVALIER au début du siècle (10, 11).

PRÉSENTATION DE LA RÉGION VISITÉE

Le Fouta Djalou est un vaste ensemble de plateaux dont une grande partie dépasse l'altitude de 1.000 mètres (fig. 1). Géologiquement, ce massif est constitué essentiellement d'épaisses couches de grès ordovicien et de pélite cambrien, localement recoupées par des intrusions métamorphiques de dolérites (12 ; fig. 2). Le réseau hydrographique est bien développé et les ruptures du relief engendrent des chutes d'eau importantes. Au point de vue climatique, le tableau 1 fournit les relevés pour les stations de Dalaba et de Mali (9). On remarque que la pluviosité est assez élevée et croît du nord au sud du massif. La saison sèche dure en moyenne cinq mois mais a augmenté ces dernières années (13).

Sous ces latitudes la température et l'évapotranspiration sont tempérées par l'altitude. Les jours de brouillard ne sont pas rares.

Les parties basses du massif sont occupées par des savanes guinéennes à *Erythrophleum suaveolens* (Guill. et Perr.) Brenan et *Parkia biglobosa* Benth. Vers 1.000 m apparaît la forêt semi-décidue à *Parinari excelsa* Sabine encore accompagnée d'espèces de plaines comme *E. suaveolens* et *Afzelia africana* ; au-dessus de 1.300 m *Parinari excelsa* devient dominant (9). La plupart des massifs boisés encore existants ont un caractère relictuel et sont dégradés à des degrés divers par les défrichements abusifs et le pâturage du bétail. La forêt subsiste sous forme d'îlots, soit dans les zones classées, soit dans les sites les moins accessibles comme en témoigne la carte récente au 1/500.000 dressée par le CTFT (13).

Le long des cours d'eau subsistent quelques lambeaux

TABLEAU 1

QUELQUES DONNÉES CLIMATIQUES POUR DEUX STATIONS DU FOUTA DJALOU (9)

Stations :	Dalaba	Mali
Altitude en mètres	1.200	1.500
Pluviosité annuelle (mm)	2.034	1.893
Saison sèche en mois	5	5
Jours de brouillard par an	78	47
Evaporation journalière en saison sèche (ml)	18-22	14-18

de forêt galerie à *Uapaca* et des peuplements à *Raphia* et *Pandanus* (8).

D'une manière générale, les sols de la région sont acides et apparemment pauvres en éléments biogènes comme en témoignent les faibles récoltes des cultures de fonio (*Digitaria exilis* Stapf.), la principale céréale cultivée en dehors des fonds de vallée. Ce sont principalement des sols gravillonnaires peu profonds à profonds, des sols bruns caillouteux sur dolérites et grès altérés, des sols alluvio-colluviaux. On observe, dans les parties les plus évasées des thalwegs, des sols hydromorphes sur alluvions. Les conditions édaphiques sont en moyenne très peu favorables (sols rocheux ou cuirassés, fortes pentes,...) et rendent la forêt particulièrement vulnérable aux atteintes anthropiques du défrichement et du pâturage extensif (13).

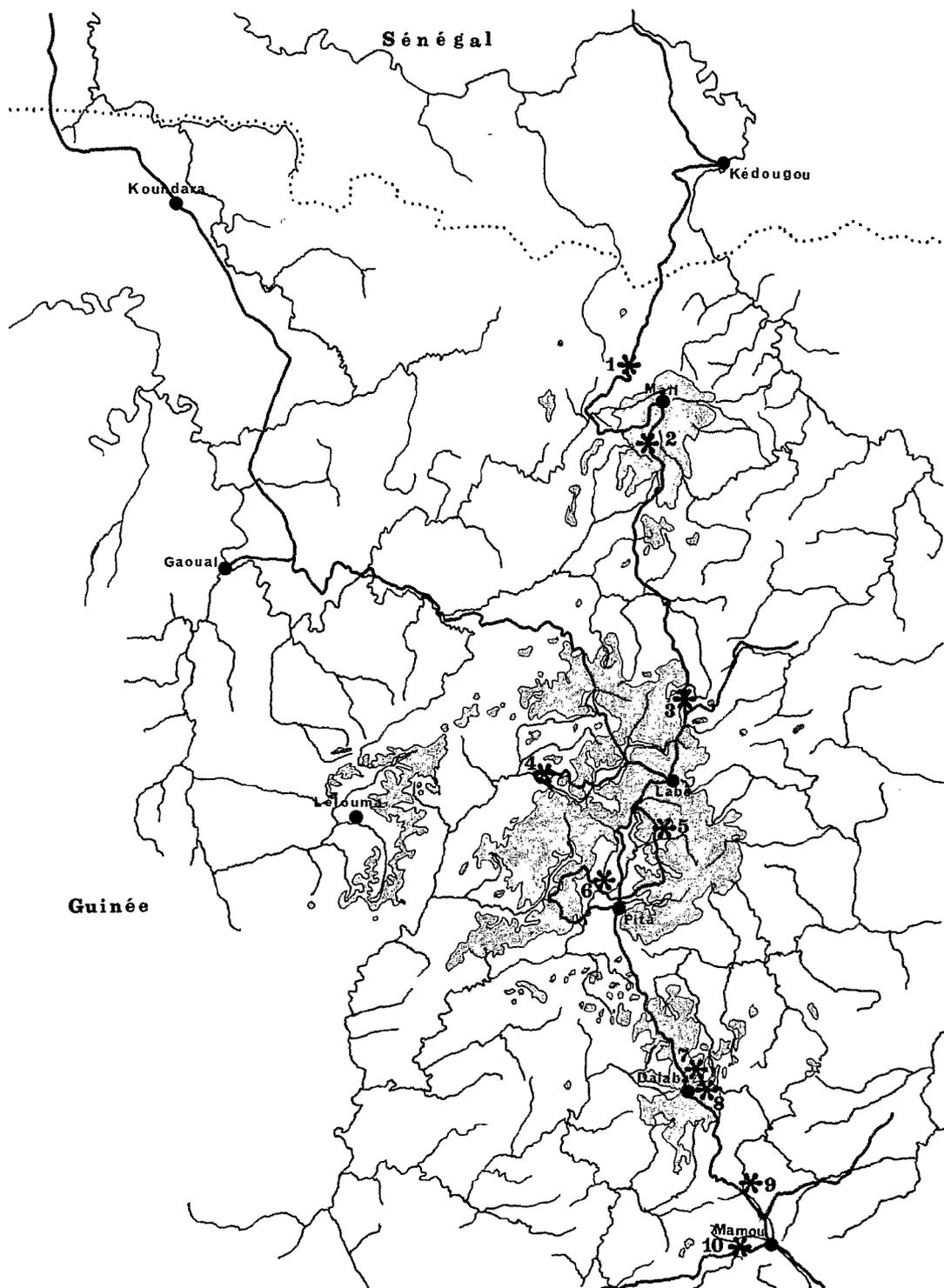
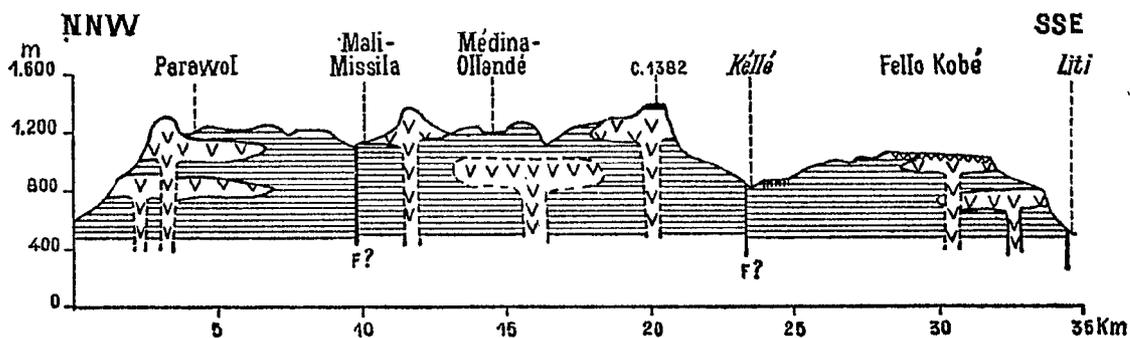
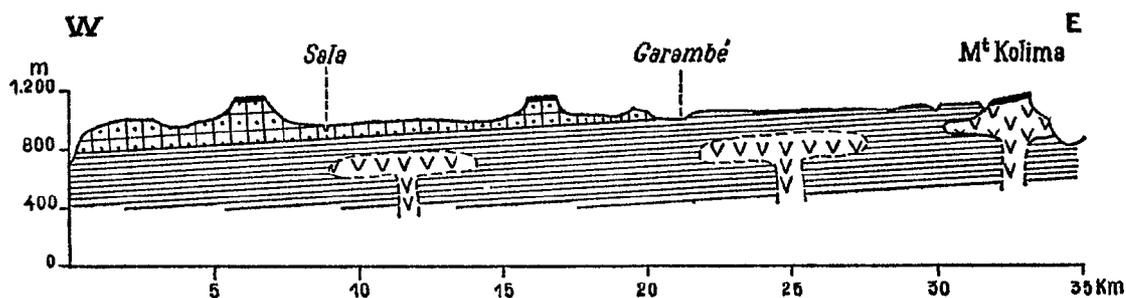


FIG. 1. — Localisation des sites prospectés (1 à 10) dans le Fouta Djallon (Guinée).
 Les zones en grisé ont une altitude supérieure à 1.000 m. Le trait gras indique l'itinéraire parcouru.

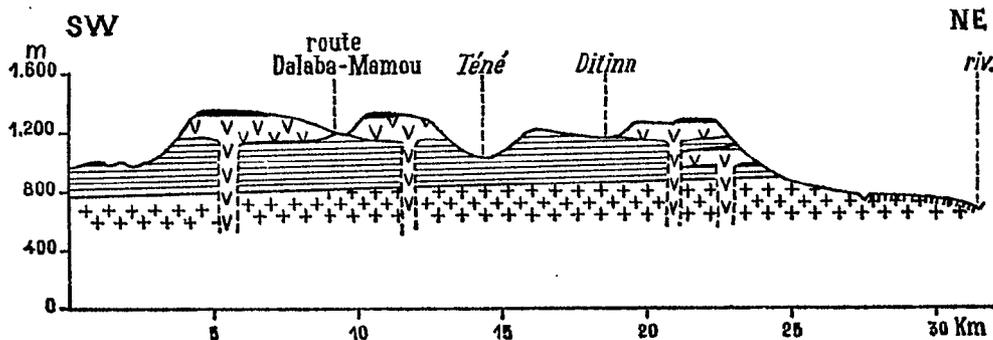
A. Le Massif de Maïr



B. Le Plateau du Labé



C. Les Hauteurs de Dalaba



Substratum

+ + + Granites Birrimien
 ||||| Pélites Cambrien
 - - - Grès Ordovicien
 V V Dolérites

Formations latéritiques cuirassées

— 1° Surface (Jurassique?)
 - - - - - 2° Surface (Crétacé)
 - - - - - 3° Surface (Eocène)

FIG. 2. — Coupes géologiques des hauts reliefs du Fouta Djallon central (12).

BUTS, MATÉRIELS ET MÉTHODES, SITES PROSPECTÉS

Les buts essentiels de la mission étaient les suivants :

- rechercher les arbres ectomycorhizés ;
- récolter et fixer les mycorhizes en vue de leur étude anatomique au laboratoire ;
- récolter et préserver en herbier les champignons mycorhiziens ;
- isoler ces champignons en culture pure en vue de tester ultérieurement leur aptitude mycorhizienne.

La prospection a été menée en saison des pluies durant les deux premières semaines de juillet 1988. Dix sites ont été prospectés (fig. 1), parmi les principales formations forestières de la région (tableau 2). Nous avons recherché systématiquement les espèces locales dont le genre avait été reconnu ectomycorhizien dans d'autres régions d'Afrique (*Afzelia*, *Anthonotha*, *Uapaca*). La recherche des ectomycorhizes des espèces exotiques (pins, eucalyptus,...) n'a pas posé de problème particulier en raison de la localisation précise et du caractère généralement monospécifique des peuplements. Les plantations de pins sont concentrées dans la région de Dalaba où elles couvrent environ 450 ha dont 250 ha en production. Les trois quarts des parcelles sont âgées de 20 à 30 ans. Parmi les pins, *Pinus kesiya* Royle vient en tête avec environ 81 % du volume sur pied, suivi par *Pinus patula* Schlecht et Cham. avec 18 % et *P. caribaea* Mor. avec 2 % (13).

Le jardin botanique forestier, créé par A. CHEVALIER au début du siècle, est situé au nord de Dalaba sur des alluvions humides, à proximité de la rivière Bafing. Il possède une collection unique d'espèces tropicales introduites dont les survivants forment un groupement fermé très original. Le sol, devenu très humifère, est particulièrement favorable au développement des ectomycorhizes.

Les ectomycorhizes des espèces locales sont prélevées en détarrant les racines au départ de la base du tronc afin qu'on soit certain de leur identité. Après rinçage rapide dans l'eau elles sont fixées dans du GEE (mélange pour parties égales de glycérol, d'éthanol et d'eau distillée). Les sporocarpes des genres où de nombreuses espèces ont déjà été reconnues mycorhiziennes (7), croissant à proximité immédiate des ectomycorhizes, ont été récoltés et placés dans un réfrigérateur portable jusqu'en fin de journée. Une partie des échantillons est alors mise à sécher sur un séchoir électrique portatif afin de constituer les échantillons d'herbier de référence. La seconde partie des échantillons a servi à l'isolement des cultures mycéliennes. Un morceau de la chair piléique est prélevé aseptiquement sous hotte portative et placé dans des boîtes de Petri remplies de milieu MNM gélosé (14). Les boîtes sont ensuite incubées à température ambiante (25 à 35 °C).

Les tentatives de détermination des champignons ont été effectuées au laboratoire de microbiologie des sols à Dakar et au Jardin botanique national de Belgique à Meise.

En vue de leur étude ultérieure, les cultures mycéliennes

TABLEAU 2

PRINCIPAUX SITES VISITÉS
ET LEUR TYPE FORESTIER (*)

N°	Localité	Type forestier
1	Lébékéré	Forêt semi-décidue dégradée ; recrû arbustif dominé par <i>Uapaca chevalieri</i> .
2	Mali-Fougou	Forêt semi-décidue dégradée ; recrû arbustif dominé par <i>Anthonotha crassifolia</i> .
3	Tountourou	Idem (2).
4	Chute de la Saala	Galerie forestière à <i>Uapaca guineensis</i> .
5	Daralabé	Forêt semi-décidue peu dégradée.
6	Chute Kinkon	Galerie forestière à <i>Afzelia bracteata</i> .
7	Dalaba	Jardin botanique A. Chevalier ; exotiques divers.
8	Dalaba	Plantations de pins exotiques.
9	Bantaravel	Forêt dense semi-décidue.
10	Mamou	Idem (9).

(*) Les N°s des sites sont identiques à ceux de la figure 1.

non contaminées ont été repiquées sur milieu frais au laboratoire.

Des coupes à main levée ont été faites dans les racines ectomycorhizées préalablement triées sous la loupe binoculaire. Les coupes les plus fines sont éclaircies dans une solution à 15 % d'hypochlorite de sodium, rincées à l'eau déminéralisée et colorées dans une solution à 0,5 % de rouge Congo ammoniacal glycinée. Les coupes sont ensuite montées dans du glycérol à 50 % et examinées au microscope à contraste de phase interférentiel (DIC).

La localisation des tannins a été faite sous la loupe binoculaire sur des coupes non encore éclaircies.

Le diamètre des racines, l'épaisseur du manteau fongique et la profondeur de pénétration radiale du réseau de Hartig ont été mesurés à l'aide d'un micromètre oculaire. Le pourcentage de la surface occupée par le manteau a été calculé sur des coupes transversales.

Les mycorhizes

Des ectomycorhizes ont été observées sur cinq espèces locales, *Afzelia africana*, *A. bracteata* T. Vogel, *Anthonotha crassifolia* (Baill.) Léon (fig. 3, e) (Caesalpinioideae), *Uapaca chevalieri* Baille (fig. 3, d, f), *U. guineensis* (Euphorbiaceae), ainsi que sur cinq espèces exotiques *Cinnamomum zeylanicum* Nees (Lauraceae), *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *Eucalyptus sp.* (Myrtaceae), *Pinus kesiya* (fig. 3, a, b, c), *Pinus patula* (Pinaceae).

Des ectomycorhizes ont été observées sur des semis de l'année de *Afzelia africana*, caractérisées par des arbuscules, des hyphes endocellulaires et des vésicules (fig. 4, c, d, e). Jusqu'à présent seules des ectomycorhizes avaient été observées sur cette espèce (2).

Structure et anatomie des ectomycorhizes

Les observations morphologiques et anatomiques des ectomycorhizes sont résumées dans le tableau 3. Les

figures 4, 5 et 6 présentent quelques exemples des structures ectomycorhiziennes rencontrées sur diverses espèces du Fouta Djallon. Toutes les espèces examinées possèdent un manteau fongique et un réseau de Hartig bien développé. Nous sommes donc en présence d'ectomycorhizes typiques. L'épaisseur du manteau varie de 11 à 66 µm avec une valeur moyenne de 39,3 µm pour les espèces locales et de 24,8 µm pour les espèces exotiques. On sait que les manteaux des mycorhizes possèdent d'importantes capacités de stockage en particulier pour le phosphore (7). On peut penser que la capacité de stockage du phosphore est plus importante dans les manteaux épais.

TABLEAU 3

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES DES ECTOMYCORHIZES RÉCOLTÉES AU FOUTA DJALON

Espèces (*)	Caractéristiques (**)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
locales :												
AF	Bt	+	236	36	52	28	60	2	3	(+)	+	10
AB	J	+	255	18	26	25	80	2	3	+	-	5
AN	Bt	+	322	49	52	52	90	2	2-3	(+)	-	1
AN	•	•	244	19	29	30	84	2	3	+	-	1
UC	J	+	500	44	32	34	100	3	5-6	+, (+)	-	3
UC	Bl	+	440	38	32	32	114	3	5	+, (+)	-	3
UC	J	+	560	50	33	30	90	3	6-7	+	-	3
UC	Bli	+	490	66	47	36	120	4	5	+	-	8
UG	Bt	+	600	48	29	40	180	3-4	4	+	-	4
US	Jc	-	480	25	20	38	120	3	5	+	-	-
moyennes	•	•	412,7	39,3	35,2	34,5	103,8	•	•	•	•	•
exotiques :												
CZ	Bl	+	186	14	28	20	60	2	3	+	-	7
CZ	Bl	+	280	20	27	26	80	2	3	+	-	7
EC	Bl	+	400	42	38	28	120	3	4	(+)	+	7
EC	Bl	+	280	38	47	30	95	2	3	+, (+)	+	7
ES	Bl	+	170	11	24	17	50	2	3	+	-	7
PK	N	+	280	25	33	40	120	2	3	++	-	8
PK	Bt	+	340	22	24	60	160	2	3	+	-	8
PK	•	+	270	26	35	38	110	2	3-4	++	-	8
moyennes			275,8	24,8	32,0	32,4	99,4					
moyennes générales			351,8	32,8	33,8	33,6	101,8					
écart-type			130,8	15,0	9,7	10,5	33,3					

(*) AF, *Afzelia africana*; AB, *Afzelia bracteata*; AN, *Anthonota crassifolia*; UC, *Uapaca chevalieri*; UG, *Uapaca guineensis*; US, *Uapaca sp.*; CZ, *Cinnamomum zeylanicum*; EC, *Eucalyptus camaldulensis*; ES, *Eucalyptus sp.*; PK, *Pinus kesiya*.

(**) 1, couleur du manteau (Bl, blanc; Bt, blanchâtre; Bli, blanc lilacin; J, jaune; Jc, jaune citron; N, noire); 2, présence de rhizomorphes émanant du manteau; 3, diamètre moyen de la mycorhize (µm); 4, épaisseur moyenne du manteau (µm); 5, pourcentage de surface occupée par le manteau par rapport à la surface totale de la mycorhize en coupe transversale (%); 6, profondeur de pénétration radiale du réseau de Hartig (µm); 7, diamètre moyen du cylindre central (µm); 8, nombre de pôles de xylème; 9, nombre de couches de cellules du cortex, épiderme inclus; 10, présence de tannins entre le manteau et l'épiderme (+); dans les cellules épidermiques +; dans les cellules de l'épiderme et du cortex ++; 11, présence d'anses d'anastomose sur les hyphes émanant du manteau; 12, numéro du site de prélèvement.

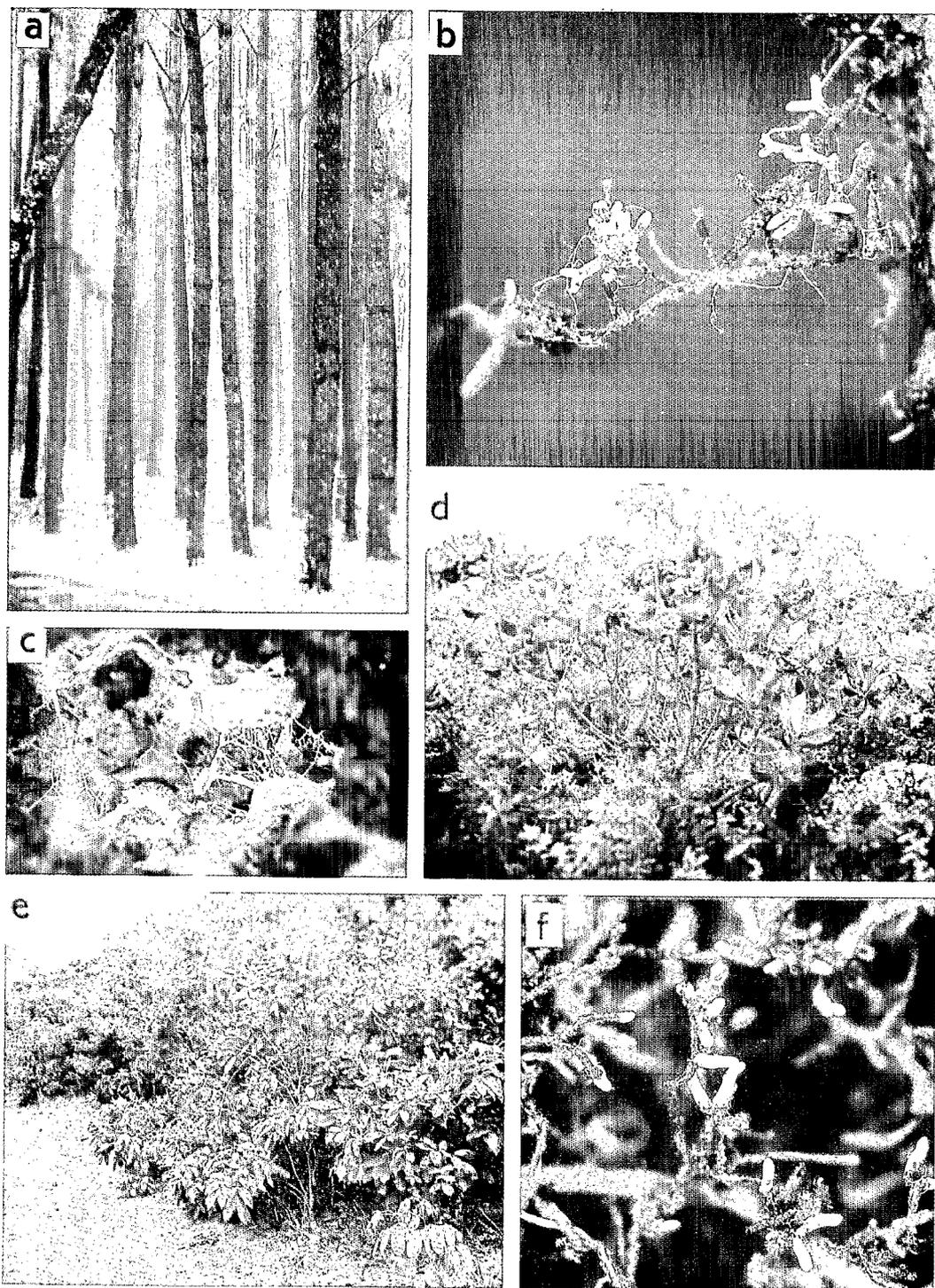


FIG. 3. — a, plantation de *Pinus kesiya* (région de Dalaba) ; b, ectomycorhize de *Pinus kesiya* + *Suillus granulatus* ; c, ectomycorhize de *Pinus kesiya* + *Scleroderma cepa* (noter l'abondance du mycélium et des rhizomorphes ; région de Dalaba) ; d, fourré à *Uapaca chevalieri* (au nord de Mali) ; e, recrû d'*Anthonotha crassifolia* (au nord de Mali) ; f, ectomycorhize de *Uapaca chevalieri* (région de Dalaba).

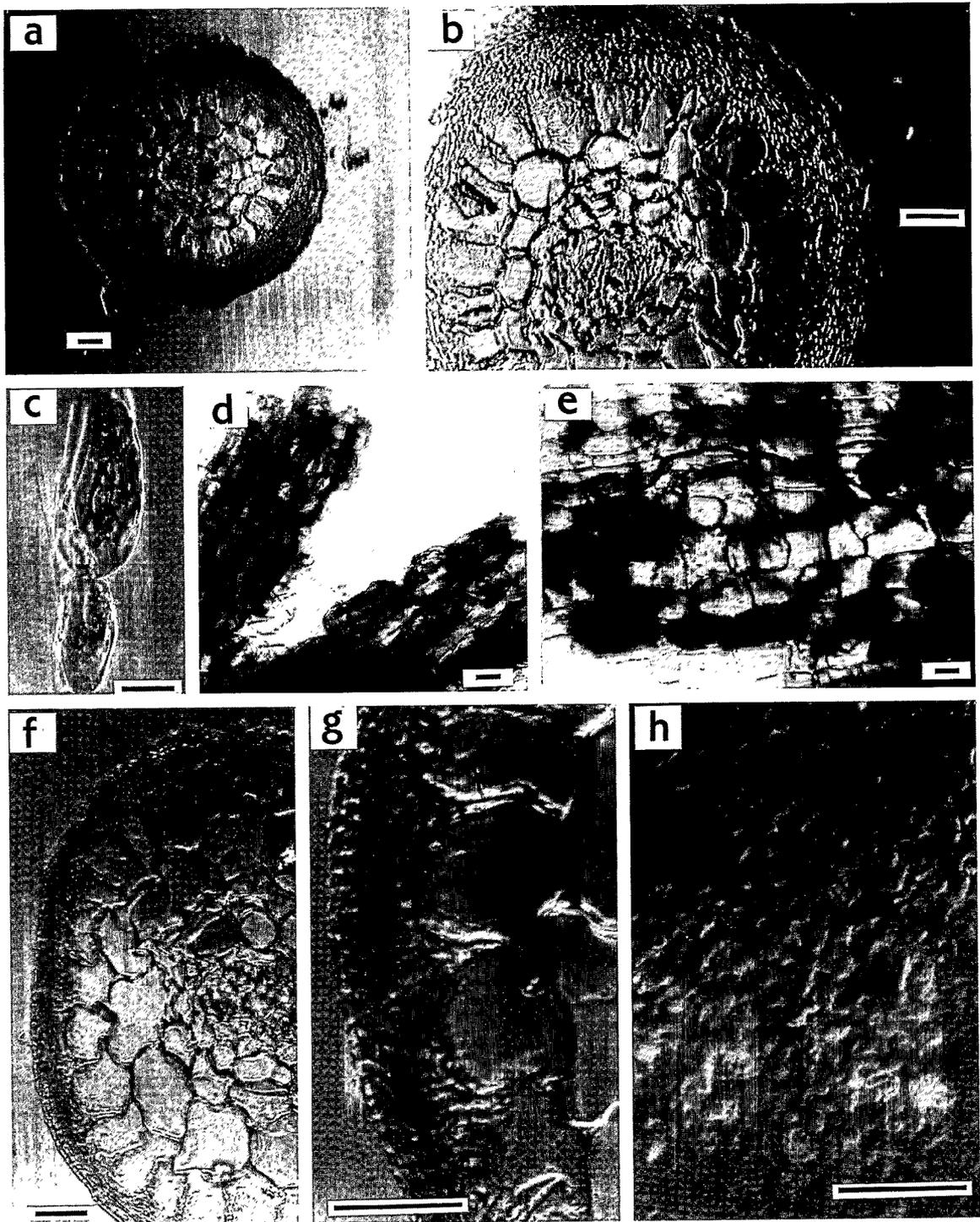


FIG. 4. — *Ectomycorhizes* (ECM) et *endomycorhizes* (VAM) d'*Afzelia* ; a, b, ECM d'*Afzelia africana* + *Scleroderma verrucosum* ; c, d, e, VAM d'*Afzelia africana* (c, cellules à arbuscule ; d, cellules à hyphes endocellulaires ; e, vésicules intramatriciales) ; f, g, h, ECM d'*Afzelia bracteata* (h, vue faciale du manteau montrant les cellules fongiques imbriquées en « puzzle »).

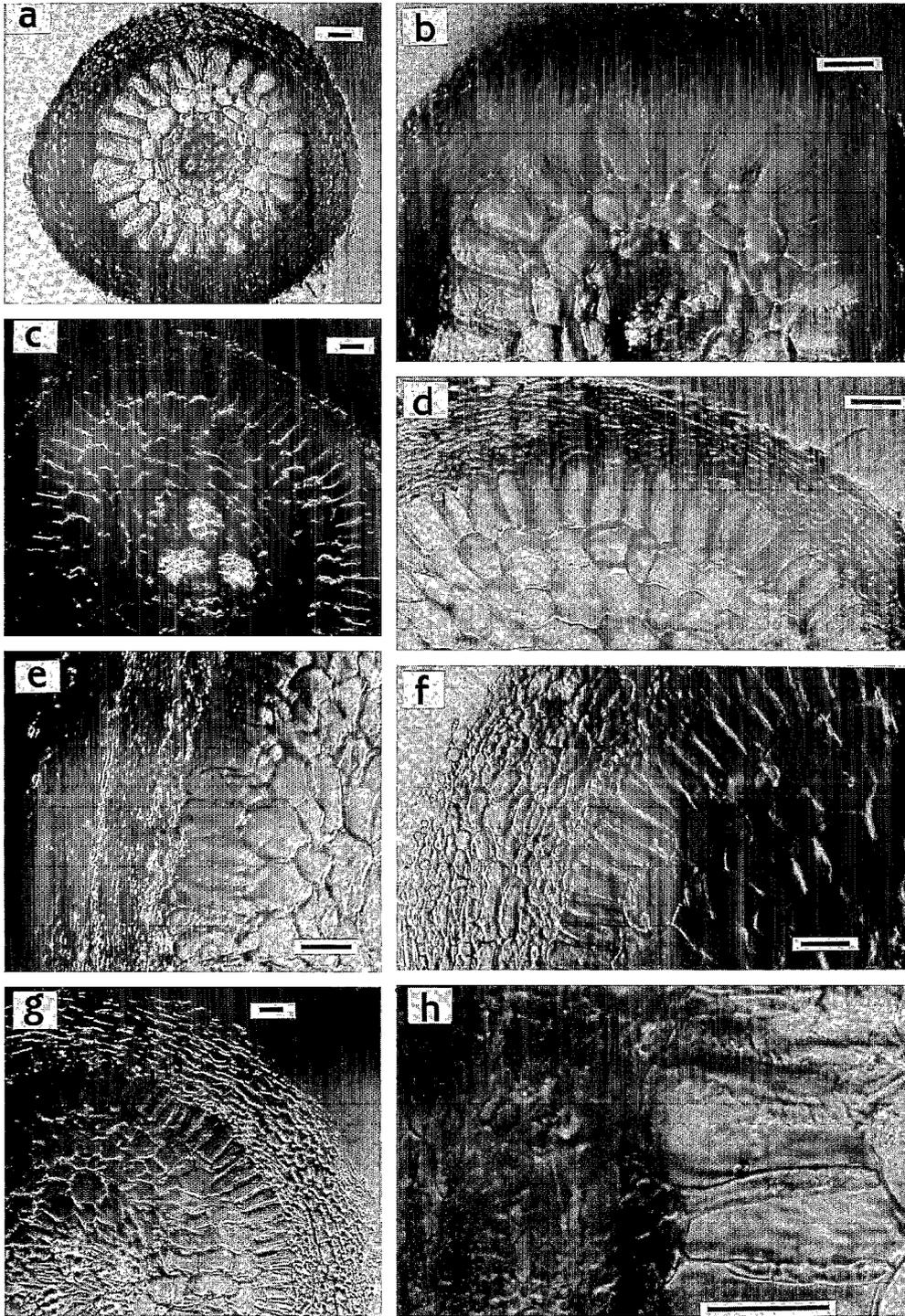


FIG. 5. — *Ectomycorhizes (ECM) d'Anthonotha et de Uapaca* ; a, b, *ECM blanchâtre d'Anthonotha crassifolia* ; c, d, *ECM blanche de Uapaca chevalieri* ; e, *ECM jaune de U. chevalieri* ; f, *ECM blanc lilacin de U. chevalieri* ; g, *ECM jaune de U. chevalieri* ; h, *ECM blanchâtre de U. guineensis*.

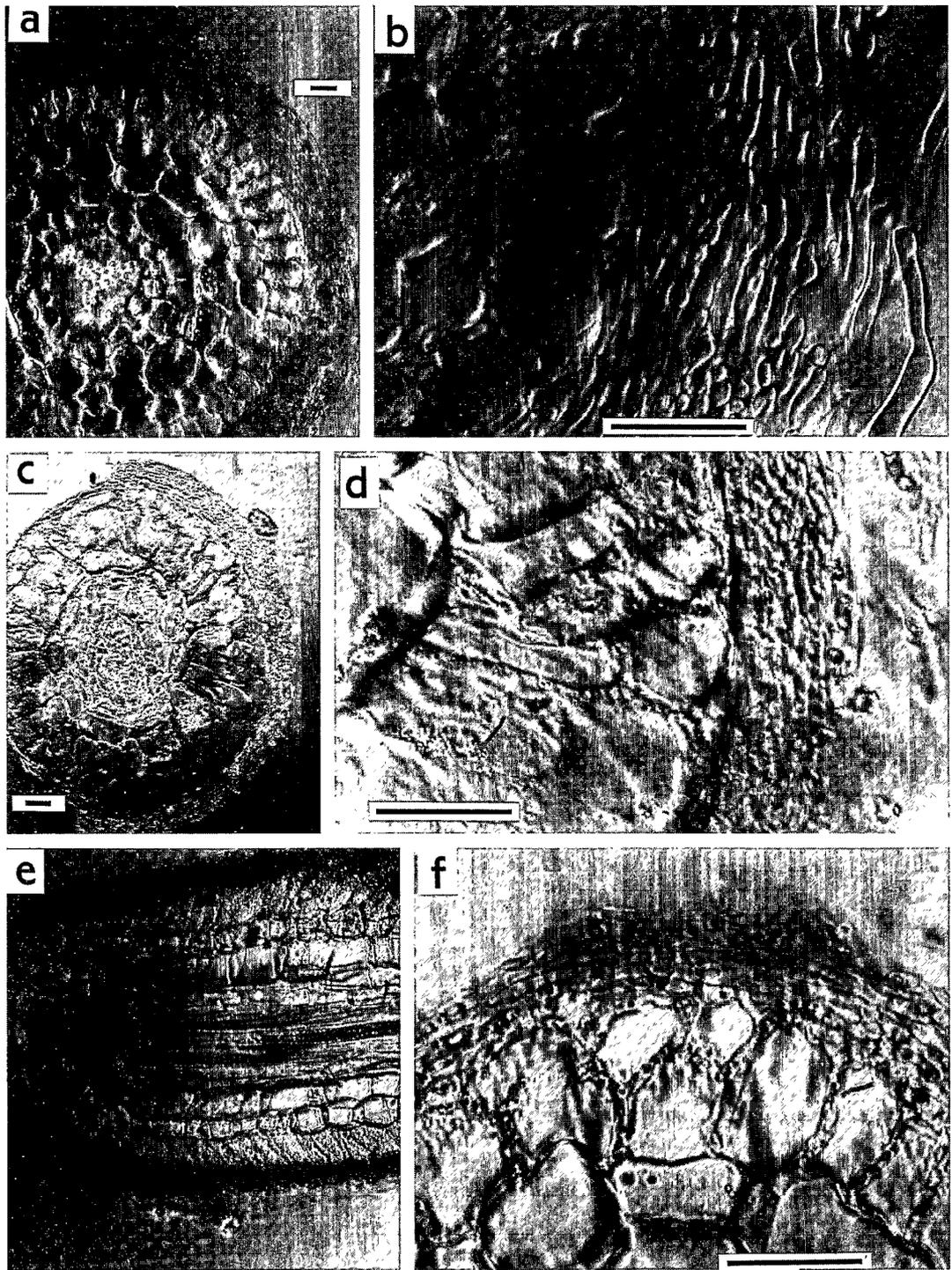


FIG. 6. — *Ectomycorhizes (ECM) de quelques essences exotiques plantées dans le Fouta Djallon* ;
 a, b, ECM d'*Eucalyptus camaldulensis* + *Scleroderma verrucosum* ; c, d, ECM de *Pinus kesiya* + *Scleroderma cepa* ;
 e, f, ECM de *Cinnamomum zeylanicum* + *Scleroderma verrucosum* (e, coupe longitudinale).

Le diamètre moyen des ectomycorhizes indigènes (412, 7 μm) est nettement supérieur à celui des ectomycorhizes des espèces exotiques (275,8 μm). Ceci est dû à une épaisseur moyenne supérieure du manteau et à un plus fort diamètre du tissu racinaire de l'hôte chez les premières. En effet, les pourcentages de surface occupée par le manteau par rapport à la surface totale des racines sont comparables en moyenne pour les deux groupes d'espèces : 35,2 % et 32,0 % respectivement.

La profondeur moyenne du réseau de Hartig est de 34,5 μm pour les espèces indigènes, de 32,4 μm pour les espèces exotiques et la moyenne générale de 33,6 \pm 10,5 μm .

La plupart des ectomycorhizes possèdent des cordons mycéliens ou des rhizomorphes associés au manteau. Le rôle de ces structures est important dans le transfert de l'eau et des nutriments du sol vers les racines (15).

Des tannins ont été observés dans toutes les mycorhizes. Ils sont généralement localisés dans la première couche de cellules de l'hôte (épiderme) et dans la partie la plus interne du manteau. Chez *Pinus kesiya* ils sont présents dans tout le cortex racinaire.

Plusieurs mycorhizes ont un manteau à structure hétérogène. La dimension des cellules fongiques diminue le plus souvent de l'extérieur vers l'intérieur du manteau. Des cas d'hétérogénéité structurelle du manteau sont connus des régions tempérées (7) et des régions tropicales (16, 17).

Le manteau d'une mycorhize de *Uapaca chevalieri* (fig. 5) présente une stratification très nette et une coloration différentielle au rouge Congo. La partie externe du manteau se détache aisément de la partie interne. Il est possible que cette mycorhize soit composite, c'est-à-dire formée par deux mycéliums d'espèces différentes.

Certains manteaux sont très structurés (fig. 4, f, g, h). La structure hyphale classique a disparu et est remplacée en surface par une couche de cellules bien individualisées ayant l'aspect d'un puzzle en vue tangentielle (fig. 4, h). De telles structures se retrouvent chez certaines mycorhizes tempérées formées par des Russulacées (18).

Sur les coupes transversales, l'allongement radial des cellules épidermiques (assise palissadique) est particulièrement évident chez *Afzelia*, *Anthonotha* et *Uapaca*. Les cellules épidermiques d'*Eucalyptus* et de *Cinnamomum* sont également allongées mais obliquement par rapport à l'axe principal de la racine de sorte que l'étirement des cellules n'est bien visible que sur des coupes longitudinales (fig. 6, e). Chez *Pinus kesiya* les cellules épidermiques ne présentent pas d'allongement particulier et le réseau de Hartig pénètre dans le cortex jusqu'aux abords de l'endoderme.

Contrairement à ce qui a été observé par ALEXANDER et HÖGBERG (17) pour d'autres régions tropicales, les mycorhizes du Fouta Djallon sont renflées et développées au niveau des racines courtes (brachyrhizae de JENIK et MENSAH, 16). Leur morphologie et leur anatomie sont donc très proches de celles des ectomycorhizes tempérées. A titre d'exemple, on notera la similitude étonnante des ectomycorhizes de *Uapaca chevalieri*

(fig. 5, c, d, e, f, g) avec celles de *Fagus sylvatica* L. (7) et celles d'*Anthonotha crassifolia* (fig. 5, a, b) avec celles de *Betula pendula* Roth, illustrées par THOEN (19).

Les champignons présumés ectomycorhiziens Les champignons récoltés

On sait que certains genres de champignons recèlent en majorité des espèces ectomycorhiziennes (7). Les russules, les lactaires, la plupart des bolets et des amanites, les inocybes, pour n'en citer que quelques-uns, appartiennent à cette catégorie. Ce sont les espèces de ces genres qui ont été récoltées sous les espèces locales suivantes, *Afzelia africana*, *A. bracteata*, *Anthonotha crassifolia*, *Uapaca chevalieri*, *U. guineensis* et sous les espèces exotiques *Pinus kesiya*, *P. patula*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus* sp. et *Cinnamomum zeylanicum*. On peut considérer le caractère ectomycorhizien comme hautement probable pour la plupart de ces champignons et établi pour certains. En effet quelques espèces présentes au Fouta Djallon ont fait l'objet de synthèses mycorhiziennes *in vitro* ou en conditions semi-axéniques, démontrant leur nature symbiotique de manière indubitable. Les principaux genres de champignons ectomycorhiziens observés sont illustrés par les figures 7, 8, 9.

Il ressort de l'examen des tableaux 4 et 5 que, malgré le caractère partiel des observations réalisées pendant seulement une dizaine de jours, le nombre de champignons mycorhiziens est considérable. Les espèces appartiennent à dix familles regroupant pas moins de dix-huit genres. Les familles les mieux représentées sont les Amanitacées, les Russulacées, les Boletacées et les Strobilomycetacées. Les Cortinariacées comportant un grand nombre d'espèces mycorhiziennes dans les forêts tempérées ne sont représentées ici que par de rares inocybes. Cette situation prévaut dans les autres régions tropicales du globe et notamment ailleurs en Afrique (1, 20, 21).

La diversité spécifique des champignons est plus importante sous les arbres locaux (toutes espèces confondues) que dans les plantations d'exotiques. Quelques rares espèces, comme *Scleroderma verrucosum* et *Strobilomyces luteolus* (fig. 8, b), sont présentes dans les forêts naturelles et dans les plantations d'exotiques. La diversité spécifique semble plus élevée sous les espèces à comportement grégaire comme *Uapaca chevalieri* et *Anthonotha crassifolia* (effet de masse) que sous les espèces plus disséminées (cas actuel de *Afzelia africana* au Fouta Djallon). Dans le nord du massif foutanien, des recrûs de *Uapaca chevalieri* et de *Anthonotha crassifolia* forment des massifs importants. Le couvert dense, souvent subcontinu, réduit l'exubérance de la strate herbacée et induit un microclimat forestier favorable au développement des champignons et aux semis naturels. Ces peuplements à l'allure de fourrés (fig. 3, d, e) semblent être des stades de recolonisation de la forêt foutanienne

à *Parinari excelsa*. Une situation vicariante existe dans la zone zambésienne où des fourrés à *Uapaca spp.* fournissent un abri permettant la régénération de la forêt claire à *Brachystegia* (21). Ces observations devraient inciter les forestiers tropicaux à attacher une importance accrue aux essences secondaires souvent de peu d'importance économique, mais de grande signification écologique.

En plus du caractère plus ou moins fermé du couvert forestier, il est probable que l'âge des arbres hôtes intervient également dans la diversité spécifique des champignons mycorrhiziens. Les données fiables permettant d'étayer cette hypothèse sont encore insuffisantes pour les régions tropicales.

Parmi les espèces exotiques, *Pinus kesiya* s'associe avec le plus grand nombre d'espèces de champignons mycorrhiziens (tableau 4). Il est vrai que c'est aussi l'espèce la plus plantée dans la région de Dalaba.

Curieusement, *Pisolithus tinctorius sensus lato*, si abondant sous les eucalyptus dans d'autres régions d'Afrique, notamment au Sénégal, n'a pas été observé.

La présence de deux espèces mycorrhiziennes hypogées (dont les fructifications se développent sous la surface du sol) est à souligner. L'une croît sous *Anthonotha crassifolia* (*Sclerogaster sp.*, fig. 9, e), l'autre est particulièrement abondante sous *Pinus kesiya* (*Corditubera sp.*, fig. 7, c). Ses sporocarpes ronds, aplatis, aux rhizomorphes abondants et plus ou moins soudés au périidium (fig. 7, c), font penser au genre *Rhizopogon* qui s'en distingue cependant par ses spores lisses, alors que *Corditubera sp.* a des spores brun foncé et verruqueuses. *Rhizopogon luteolus*, champignon hypogé mycorrhizien des pins (22) en Afrique n'a pas été observé bien que sa présence soit probable dans la région de Dalaba. *Sclerogaster sp.* et *Corditubera sp.* sont de nouvelles espèces actuellement à l'étude au laboratoire de J. M. Trappe (Corvallis, Oregon). Les champignons hypogés vivent dans une niche écologique particulière, mieux

tamponnée du point de vue microclimatique que celle des champignons épigés. La découverte de deux espèces en Guinée et tout récemment de trois espèces hypogées dans le sud du Sénégal (1) permet de supposer que ce groupe écologique de champignons est sans doute mieux représenté sous les tropiques humides que l'on ne le pensait auparavant.

Le tableau 4 donne la liste *in extenso* des espèces récoltées, les numéros d'herbier de référence ainsi que les arbres sous lesquels elles croissent. Beaucoup d'espèces sont indéterminées actuellement en raison du peu d'ouvrages de détermination disponibles pour les champignons africains. Certaines sont sans doute encore inconnues et nécessitent de nouvelles récoltes afin de compléter les descriptions.

Remarques chorologiques

Le tableau 6 donne la répartition en Afrique de quelques champignons présents au Fouta Djallon. On notera que certaines espèces sont présentes à la fois dans l'ouest, le centre et l'est de l'Afrique. Bien que les données chorologiques soient encore très fragmentaires on peut penser que certaines espèces ont une vaste aire de distribution africaine, soit soudano-zambésienne (champignons des forêts claires et semi-décidues sèches), soit guinéo-congolienne (forêts sempervirentes et semi-décidues humides). Quelques espèces comme *Scleroderma cepa* (fig. 7, g, h), *S. verrucosum* et *Suillus granulatus* (fig. 7, e, f) sont cosmopolites.

Pulveroboletus ravenelii a été récolté pour la première fois en Afrique (HEINEMANN, *in litt.*). Ce champignon présente une curieuse disjonction chorologique puisque jusqu'à présent il n'était connu que dans l'est des Etats-Unis et dans l'Est asiatique (23).

TABLEAU 4

RÉPARTITION DU NOMBRE DE CHAMPIGNONS MYCORRHIZIENS PAR FAMILLE EN FONCTION DE L'ARBRE HÔTE

Famille	Nombre d'espèces	Arbres hôtes (*)							
		AF	AB	UC	UG	AN	PK	EC	CZ
Cantharellaceae	2	•	•	•	•	2	•	•	•
Amanitaceae	8	•	2	1	1	3	1	•	•
Boletaceae + Strobilomycetaceae	15	•	1	2	5	5	2	•	•
Russulaceae	8	•	•	3	3	4	•	•	•
Cortinariaceae	2	•	•	1	•	1	•	•	•
Sclerodermataceae	3	1	1	•	•	1	1	1	1
Melanogastrales	1	•	•	•	•	•	1	•	•
Hymenogastrales	1	•	•	•	•	1	•	•	•
Phallaceae	1	•	•	•	•	•	1	•	•
Total des espèces	41	1	4	7	9	17	6	1	1

(*) Idem tableau 3.

TABLEAU 5

CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS RÉCOLTÉS AU FOUTA DJALON EN JUILLET 1988

Espèces	N° d'herbier	Hôte (*)
CANTHARELLACEAE		
<i>Cantharellus pseudofriesii</i> Heinem.	7962	AN
+ <i>C. rufopunctatus</i> (Beeli) Heinem.	7971	AN
AMANITACEAE		
+ <i>Amanita cf. annulatovaginata</i> Beeli	7959	AN
+ <i>A. baccata</i> (Fr.) Gillet	7956	AN
+ <i>A. crassiconus</i> Bas	7976	UC
+ <i>A. cf. fulvopulverulenta</i> Beeli	7957	AN
<i>A. cf. lanosula</i> Bas	7905	AB
<i>Amanita sp.</i>	7907	AB
+ <i>Amanita sp.</i>	7952	PK
<i>Amanita sp.</i>	7897	UG
CORTINARIACEAE		
+ <i>Inocybe sp.</i>	7961	AN
<i>Inocybe sp.</i>	7978	UC
BOLETACEAE		
+ <i>Leccinum sp.</i>	7990	AN
<i>Leccinum</i> ou <i>Tylophilus sp.</i>	7986	UC
<i>Mucilopilus sp.</i>	7964	AN
<i>Pulveroboletus ravenelii</i> (Berk. & Curt.) Murr.	7977	UC
+ <i>Suillus granulatus</i> (L : Fr.) Kuntze	7944	PK, PP
<i>Tylophilus cf. tenuis</i> Heinem.	7891	UG
<i>Tylophilus sp.</i>	7908	AB
<i>Tubosaete brunneosetosa</i> (Sing.) Horak	7893	UG
+ <i>Xerocomus cf. subspinulosus</i> Heinem.	7965	AN
<i>Xerocomus sp.</i>	7895	UG
<i>Xerocomus sp.</i>	7974	AN
STROBILOMYCETACEAE		
+ <i>Boletellus cf. lepidospora</i> Gilb.	7989	AN
+ <i>Porphyrellus sp.</i>	7969	AN
+ <i>Strobilomyces luteolus</i> Heinem.	7892, 7942	UG, PK
+ <i>Strobilomyces sp.</i>	7896	UG
RUSSULACEAE		
<i>Lactarius cf. caperatus</i> Heim & Goos.	8065, 8066	AN
<i>L. gymnocarpus</i> Heim	7966, 7894	AN, UG
+ <i>Lactarius sp.</i>	7968	AN
+ <i>Russula annulata</i> Heim	7903, 7987	UG, UC
<i>R. discopus</i> Heim	7900	UG
+ <i>Russula sp.</i>	7988	UC
<i>Russula sp.</i>	7970	AN
SCLERODERMATACEAE		
+ <i>Scleroderma cepa</i> Pers.	7938	PK
<i>S. dictyosporum</i> Pat.	7906, 7967	AB, AN
<i>S. verrucosum</i> Pers.	7921, 7926, 7934	AF, CZ, EC
MELANOASTRALES		
+ <i>Corditubera sp.</i>	7954	PK
HYMENOASTRALES		
+ <i>Sclerogaster sp.</i>	7958	AN
PHALLACEAE		
<i>Phallus indusiatus</i> Vent. per Pers.	7943	PK

(*) Idem tableau 3.

Les espèces précédées du signe « + » sont illustrées aux figures 7, 8, 9.

Plusieurs champignons présents dans le Fouta Djallon existent dans les forêts du sud du Sénégal où elles sont à la limite nord de leur aire en Afrique de l'Ouest (2).

Des progrès dans l'étude chorologique des champignons mycorhiziens pourront jeter des bases nouvelles pour la compréhension des peuplements forestiers afri-

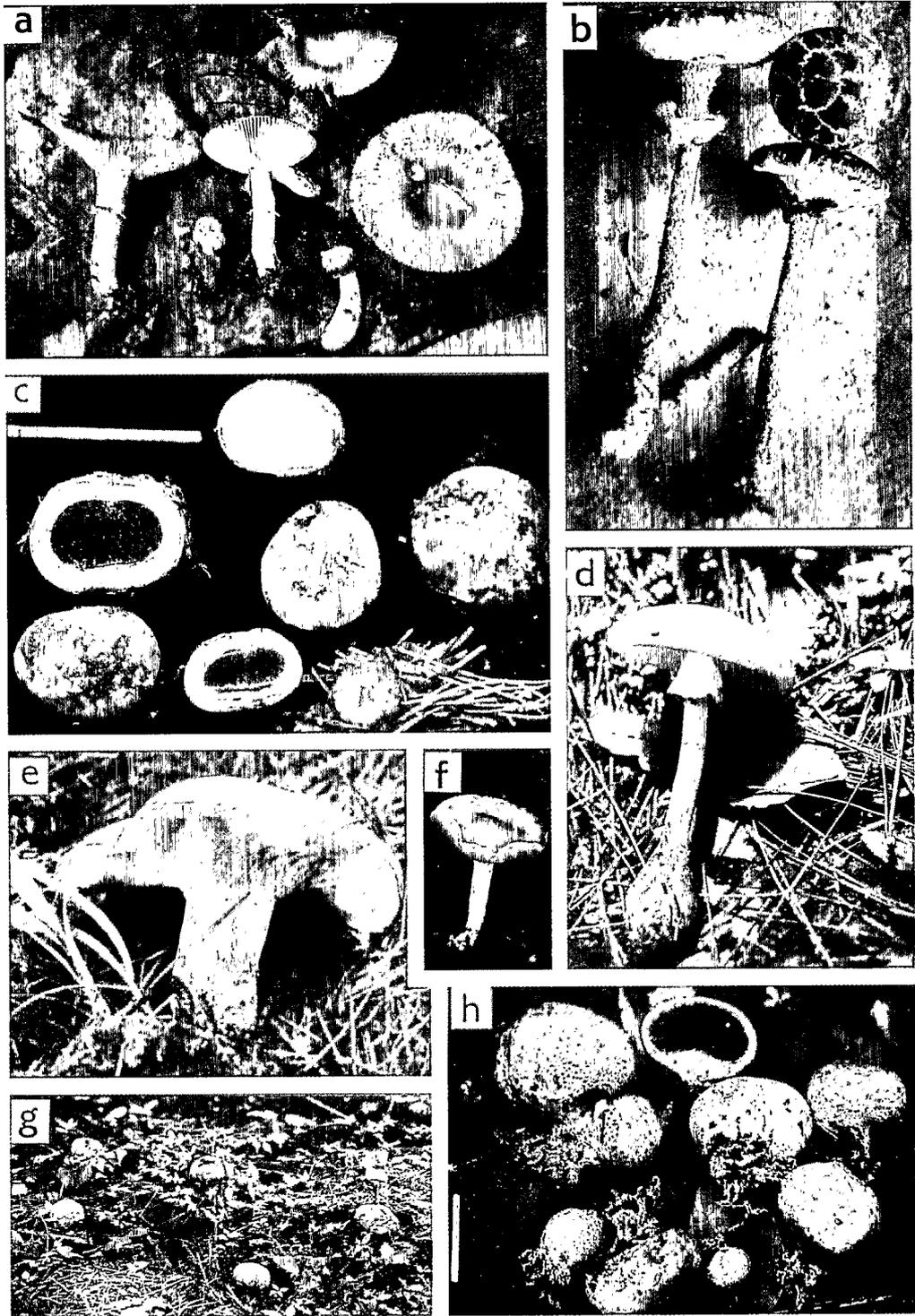


FIG. 7. — Champignons présumés ectomycorhiziens de *Uapaca guineensis* (a, b) et de *Pinus kesiya* (c, d, e, f, g, h) ; a, *Russula annulata* (7903) ; b, *Strobilomyces* sp. (7896) ; c, *Corditubera* sp. (7954) ; d, *Amanita* sp. (7952) ; e, f, *Suillus granulatus* (7944) ; g, h, *Scleroderma cepa* (7938). Les numéros entre parenthèses se réfèrent aux échantillons d'herbier.

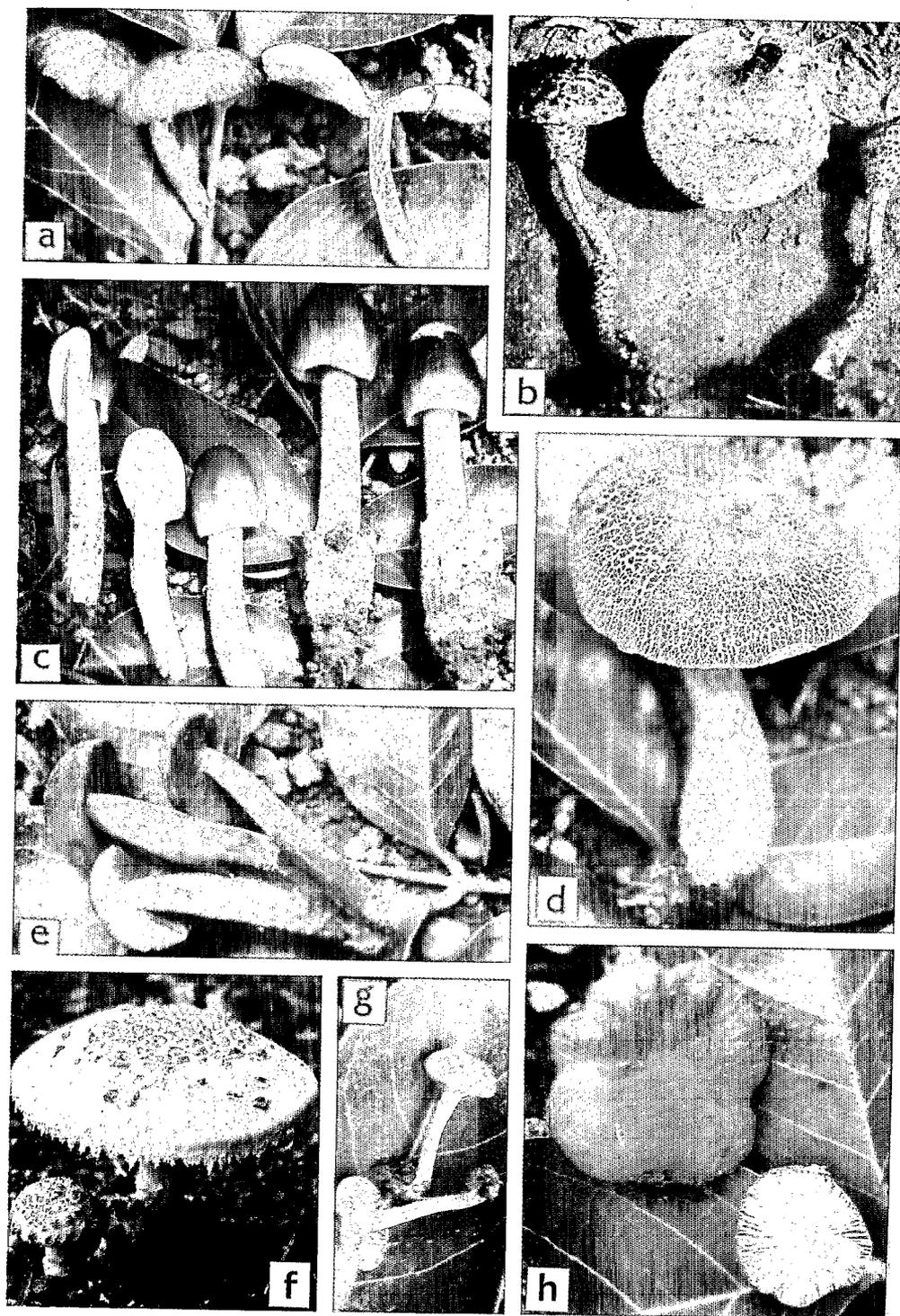


FIG. 8. — *Champignons présumés ectomycorhiziens de Anthonotha crassifolia (a, c, d, e, f, g, h) et de Uapaca guineensis (b) ; a, Lactarius sp. (7968) ; b, Strobilomyces luteolus (7892) ; c, Amanita cf. annulatovaginata (7959) ; d, Xerocomus cf. subspinulosus (7965) ; e, Boletellus cf. lepidospora (7989) ; f, Amanita crassiconus (7976) ; g, Inocybe sp. (7961) ; h, Russula sp. (7970). Les numéros entre parenthèses se réfèrent aux échantillons d'herbier.*

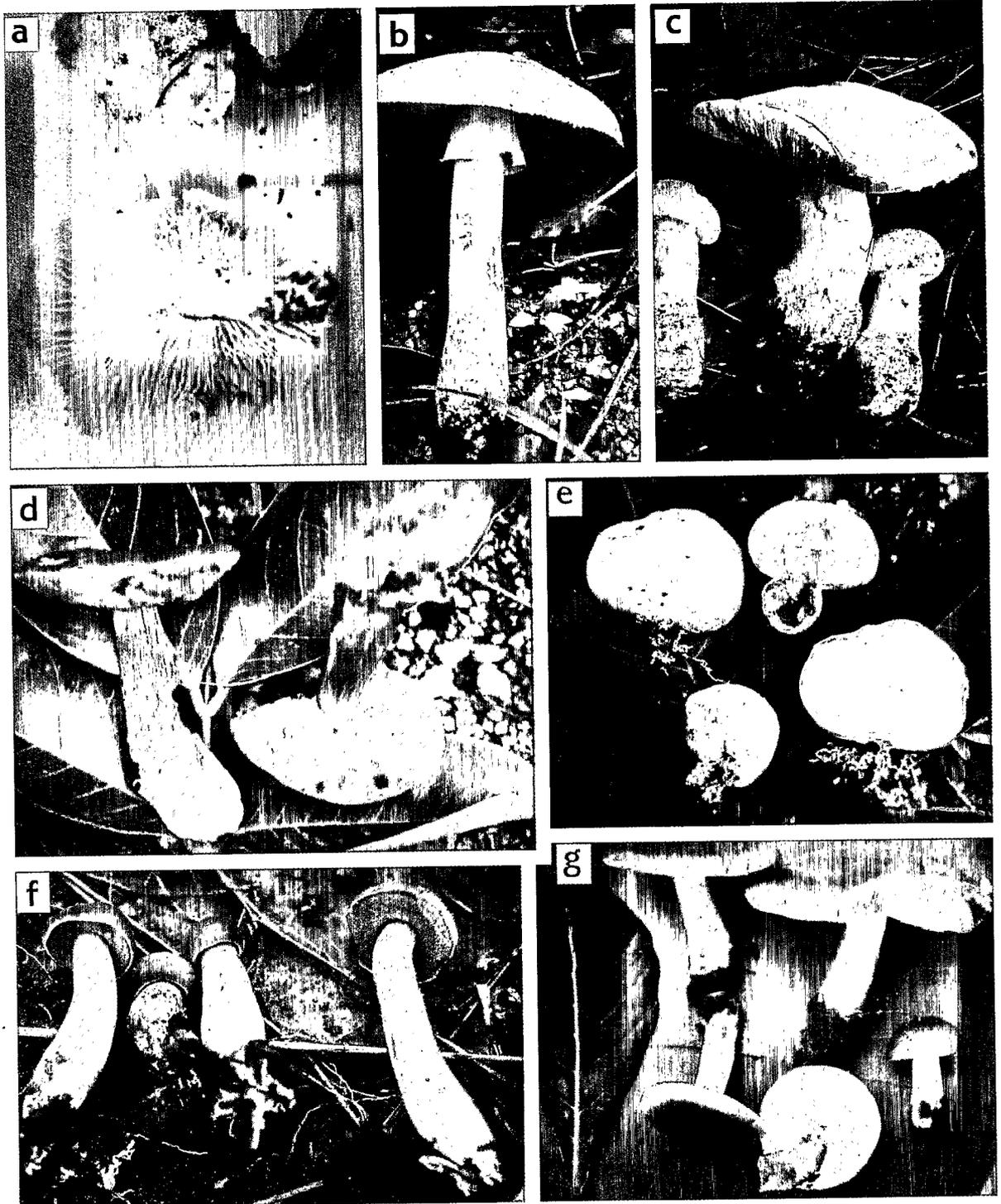


FIG. 9. — Champignons présumés ectomycorhiziens d'*Anthonotha crassifolia* (a, b, c, d, e) et de *Uapaca chevalieri* (f, g) ; a, *Cantharellus rufopunctatus* (7971) ; b, *Amanita cf. fulvopulverulenta* (7957) ; c, *Amanita baccata* (7956) ; d, *Porphyrellus* sp. (7969) ; e, *Sclerogaster* sp. (7958) ; f, *Leccinum* sp. (7990) ; g, *Russula* sp. (7988).
 Les numéros entre parenthèses se réfèrent aux échantillons d'herbier.

TABLEAU 6

DISTRIBUTION AFRICAINE DE QUELQUES CHAMPIGNONS ECTOMYCORHIZIENS PRÉSENTS AU FOUTA DJALON (GUINÉE)

Espèces	Pays
<i>Amanita crassiconus</i>	Guinée, Nigeria.
<i>Lactarius gymnocarpus</i>	Guinée, Sénégal, Cameroun, Côte-d'Ivoire, Zaïre, Tanzanie.
<i>Russula annulata</i>	Guinée, Sénégal, Zaïre, Tanzanie, Madagascar.
<i>Strobilomyces luteolus</i>	Guinée, Zaïre.
<i>Suillus granulatus</i>	Guinée, Zaïre, Uganda, Kenya, Tanzanie, Afrique du Sud.
<i> Tubosaete brunneosetosa</i>	Guinée, Sénégal, Liberia.
<i>Scleroderma cepa</i>	Guinée, Zaïre, Rwanda, Burundi, Kenya, Tanzanie, Malawi, Afrique du Sud.
<i>Scleroderma distyosporum</i>	Guinée, Sénégal, Ghana, Zaïre.
<i>Scleroderma verrucosum</i>	Guinée, Sénégal, Centrafrique, Cameroun, Sierra Leone, Zimbabwe, Afrique du Sud.

Sources : 1, 2, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36.

TABLEAU 7

ESPÈCES MYCORHIZIENNES CONNUES EN AFRIQUE PARMI LES GENRES *AFZELIA*, *ANTHONOTHA*, *UAPACA* ET LES TYPES FORESTIERS PRINCIPAUX OÙ ELLES CROISSENT

CAESALPINIOIDEAE :		
<i>Afzelia africana</i>	forêt galerie, semi-décidue, claire	Ghana (16), Sénégal (1)
<i>Afzelia bella</i> v. <i>bella</i> Harms	forêt sempervirente	Nigeria (39), Zaïre (38)
<i>Afzelia bipindensis</i> Harms	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Afzelia bracteata</i>	forêt galerie	Guinée
<i>Afzelia pachyloba</i> Harms	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Afzelia quanzensis</i> Welw.	forêt claire	Tanzanie (6)
<i>Anthonotha cladantha</i> (Harms) Léon.	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Anthonotha crassifolia</i>	forêt semi-décidue	Guinée
<i>Anthonotha fragrans</i> (Bak. F.) Exell et Hillc.	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Anthonotha lamprophylla</i> (Harms) Léon.	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Anthonotha macrophylla</i> Beauv.	forêt sempervirente	Cameroun (4), Zaïre (37, 38)
EUPHORBIACEAE :		
<i>Uapaca chevalieri</i>	forêt semi-décidue	Guinée
<i>Uapaca guineensis</i>	forêt galerie	Guinée, Sénégal (1)
<i>Uapaca kirkiana</i> Müll. Arg.	forêt claire	Tanzanie (11), Zambie (21)
<i>Uapaca sansibarica</i> Pax	forêt claire	Zambie (21)
<i>Uapaca staudtii</i> Pax	forêt sempervirente	Cameroun (4)
<i>Uapaca togoensis</i> Pax	forêt claire	Nigeria (40)

cains et éclairer d'un jour nouveau les phénomènes de vicariance, notamment entre les espèces soudaniennes et zambésiennes.

Les spectres d'hôtes

Le spectre d'hôte d'un champignon est l'ensemble des espèces d'arbres avec lesquelles il forme des ectomycorrhizes. Pour les régions forestières tempérées on connaît des champignons à large spectre d'hôte (champignons peu spécifiques) et à spectre étroit (spécificité élevée).

Ces spectres sont bien sûr encore très mal connus en Afrique malgré leur grand intérêt pratique pour la réussite des inoculations en pépinière.

On sait actuellement que *Scleroderma dictyosporum* peut s'associer à *Anthonotha crassifolia* et *Uapaca guineensis* au Sénégal (2). Il s'agit donc d'une espèce peu spécifique s'associant à des Caesalpinioïdées aussi bien qu'à un représentant des Euphorbiacées. De même l'on sait maintenant que le champignon hypogé *Sclerogaster sp.* s'associe à *Anthonotha crassifolia* et à *Afzelia africana* (2).

Scleroderma cepa (= *S. flavidum*) mycorrhize aussi bien des pins que des eucalyptus (24, 25, 26).

Scleroderma verrucosum s'associe aux genres *Afzelia*, *Eucalyptus* et *Cinnamomum*. Ces quelques exemples plaident en faveur d'une faible spécificité de certains champignons mycorrhiziens tropicaux.

Cependant, *Suillus granulatus* est strictement lié aux conifères, en particulier aux pins. C'est l'espèce introduite la plus commune dans les plantations de divers pins exotiques en Afrique (20, 22, 27, 28, 29) et notamment sous *P. kesiya* et *P. patula* à Dalaba.

Le tableau 7 donne la liste des espèces africaines reconnues ectomycorhiziennes dans les genres *Afzelia* (six espèces), *Anthonotha* (cinq espèces) et *Uapaca* (sept espèces). Ces espèces croissent dans divers types forestiers tels que les forêts claires zambésiennes et soudanaises, les forêts semi-décidues et sempervirentes

guinéo-congolienne, les forêts galeries. La constance de la mycorrhization observée jusqu'à présent dans ces trois genres est remarquable et il ne fait guère de doute que d'autres espèces africaines d'*Afzelia*, d'*Anthonotha* et d'*Uapaca* soient également ectomycorhiziennes.

Parmi les espèces exotiques la nature ectomycorhizienne de *Cinnamomum zeylanicum* n'était pas connue. Des ectomycorhizes ont été signalées en Inde chez *Cinnamomum cecidedaphne* Meissn. (30) et dans le genre *Sassafras*, autre Lauracée (7).

Le cannellier de Ceylan est une espèce économiquement importante dans certaines régions tropicales d'Asie et d'Afrique. L'étude du rôle des ectomycorhizes dans la croissance de cette essence mériterait d'être approfondie.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ces travaux ont permis pour la première fois de mettre en évidence la nature ectomycorhizienne de trois espèces indigènes ; *Afzelia africana*, *Anthonotha crassifolia*, *Uapaca chevalieri* et d'une espèce exotique : *Cinnamomum zeylanicum*. Au total, des ectomycorhizes ont été récoltées sur cinq espèces locales et sur cinq espèces exotiques. L'observation de la morphologie et de l'anatomie de ces ectomycorhizes a permis de montrer qu'il s'agissait dans tous les cas d'ectomycorhizes typiques avec un manteau fongique et un réseau de Hartig bien développé. Une grande similitude avec les ectomycorhizes des zones tempérées a aussi été mise en évidence. Sur les sols pauvres du Fouta Djallon, les ectomycorhizes jouent certainement un rôle important dans la nutrition des arbres et, en particulier, dans l'approvisionnement en phosphore. Il serait souhaitable d'étudier la distribution des espèces à ectomycorhizes en fonction des types de sols et de leur richesse en phosphore assimilable.

Les forêts du Fouta Djallon constituent en Afrique occidentale un véritable réservoir de champignons ectomycorhiziens encore inconnus. En effet, plus de la moitié des espèces fongiques récoltées sont restées indéterminées faute d'ouvrage de détermination mais aussi par ce que certaines espèces ont été récoltées ici pour la première fois. L'abondance et la diversité des champignons mycorrhiziens sont particulièrement remarquables

sous les espèces indigènes et laissent prévoir de nouvelles récoltes très fructueuses. La mise en défens des fourrés ectomycorhiziens à *Anthonotha crassifolia* et à *Uapaca chevalieri* observés dans le nord du plateau (région de Mali) devrait permettre de suivre leur évolution et de préciser leur rôle dans la régénération de la forêt semi-décidue à *Parinari excelsa*. Le jardin botanique créé par A. CHEVALIER constitue une collection unique en Guinée d'espèces d'arbres exotiques. Plusieurs d'entre elles se régénèrent naturellement. La flore fongique y est extraordinairement développée. Malheureusement, l'absence d'étiquetage rend la prospection difficile et les catalogues anciens de CHEVALIER (10) et de ADAM (31) devraient être réactualisés, afin de permettre de poursuivre l'étude du statut mycorrhizien de ces espèces.

De nombreux travaux ont déjà mis en évidence l'influence de l'inoculation ectomycorhizienne qui permet une croissance accrue, plus homogène et mieux contrôlée des jeunes plants élevés en pépinière.

Les souches mycorrhiziennes isolées au Fouta Djallon sont actuellement à l'étude au laboratoire afin de mieux connaître leur physiologie, leur spectre d'hôte et leur influence sur la croissance des arbres hôtes. Ces travaux, associés aux récents progrès réalisés dans le domaine de la technologie des inoculums, permettra prochainement de réaliser la mycorrhization systématique des plants dans les pépinières locales avec des souches très performantes et bien adaptées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement M. le Professeur P. HEINEMANN, Jardin Botanique national de Belgique à Meise, pour l'aide

apportée à la détermination des champignons.

RÉFÉRENCES

- (1) THOEN (D.) & BA (A. M.), 1987. — Observations on the fungi and the ectomycorrhizae of *Afzelia africana* and *Uapaca guineensis* in Southern Senegal. In : *Mycorrhizae in the Next Decade* (Ed. by D. M. Sylvia, L. L. Hung & J. H. Graham), p. 132. University of Florida, Gainesville.
- (2) THOEN (D.) & BA (A. M.), 1989. — Ectomycorrhizae and putative ectomycorrhizal fungi of *Afzelia africana* and of *Uapaca guineensis* in Southern Senegal (en préparation).
- (3) HÖGBERG (P.) & NYLUND (J. E.), 1981. — Ectomycorrhizae in coastal miombo woodland of Tanzania. *Plant and Soil*, **63**, 283-289.
- (4) NEWBERY (D. M.), ALEXANDER (I. J.), THOMAS (D. W.) & GARTLAN (J. S.), 1988. — Ectomycorrhizal rain-forest legumes and soil phosphorus in Korup National Park, Cameroon. *New Phytol.*, **109**, 433-450.
- (5) BOWEN (G. D.), 1973. — Mineral nutrition of ectomycorrhizae. In : *Ectomycorrhizae - Their ecology and physiology* (Ed. by G. C. Marks & T. T. Kozlowski), pp. 151-205. Academic Press, New York.
- (6) BOWEN (G. D.), 1980. — Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In : *Tropical Mycorrhiza Research* (Ed. by P. Mikola), pp. 165-190. Clarendon Press, Oxford.
- (7) HARLEY (J. L.) & SMITH (S. E.), 1983. — Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London et New York.
- (8) ADAM (J. G.), 1958. — Eléments pour l'étude de la végétation des hauts-plateaux du Fouta-Djalon. I. La flore et ses groupements. Grande Imprimerie Africaine, Dakar.
- (9) SCHNELL (R.), 1977. — Flore et végétation de l'Afrique tropicale. Tome 2. Gauthier-Villars, Paris.
- (10) CHEVALIER (A.), 1947a. — Constitution d'un îlot de forêt dense d'un type ombrophile à l'aide d'arbres introduits d'Indochine, végétant en équilibre harmonique et régénérant un sol dégradé sur un plateau du Fouta Djallon, en Guinée française. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **224**, 1248-1251.
- (11) CHEVALIER (A.), 1947b. — Causes qui ont permis l'établissement et le maintien sans soins d'une biocénose d'arbres exotiques au Jardin botanique de Dalaba. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **224**, 1315-1318.
- (12) MICHEL (P.), 1973. — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie (étude géomorphologique). *Mémoire ORSTOM*, n° **63**, 752 p., 2 vol. + ann., 9 pl. n. et 6 cartes coul.
- (13) ESTÈVE (J.), LABROUSSE (R.) & LAURENT (D.), 1987. — Versant ouest du Fouta Djallon. Potentialités et possibilités de relance de l'activité forestière. Rapport CTFT.
- (14) MARX (D. H.), 1969. — The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infection. I. Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic and soil bacteria. *Phytopathol.*, **59**, 153-163.
- (15) DUDDRIDGE (J. A.), MALIBARI (A.) & READ (D. A.), 1980. — Structure and function of mycorrhizal rhizomorphs with special reference to their role in water transport. *Nature* (Lond.), **287**, 834-836.
- (16) JENIK (J.) & MENSAR (K. O. A.), 1967. — Roots systems of tropical trees. I. Ectotrophic mycorrhizae of *Afzelia africana* Sm. *Preslia*, **39**, 59-65.
- (17) ALEXANDER (I. J.) & HÖGBERG (P.), 1986. — Ectomycorrhizas of tropical angiospermous trees. *New Phytol.*, **102**, 541-549.
- (18) AGERER (R.), 1986. — Studies on Ectomycorrhizae III. Mycorrhizae formed by four fungi in the genera *Lactarius* and *Russula* on spruce. *Mycotaxon*, **27**, 1-59.
- (19) THOEN, 1979. — Les ectomycorhizes naturelles de *Betula pendula* + *Cortinarinus armillatus*. *Europ. Journ. Forest Path.*, **9**, 380-382.
- (20) PEGLER (D. N.), 1977. — A preliminary Agaric flora of East Africa. *Kew Bull. Additional Series VI*. Royal Botanic Gardens Kew, London, HMSO.
- (21) HÖGBERG (P.) & PEARCE (G. D.), 1986. — Mycorrhizas in Zambian trees in relation to host taxonomy, vegetation type and successional patterns. *Journal of Ecology*, **74**, 775-785.
- (22) THOEN, 1974. — Premières indications sur les mycorhizes et les champignons mycorrhiziques des plantations d'exotiques du Haut-Shaba (République du Zaïre). *Bull. Rech. Agron. de Gembloux*, **9**, 215-227.
- (23) SINGER (R.), 1947. — The Boletioideae of Florida with notes on extralimital species III. *The American Midland Naturalist*, **37**, 129-263.
- (24) BOTTOMLEY (A. M.), 1947. — Gasteromycetes of South Africa, *Bothalia*, **4**, 473-810.
- (25) DRING (D. M.) & RAYNER (R. W.), 1967. — Some Gasteromycetes from Eastern Africa. *J. E. Afr. nat. Hist. Soc.*, **26**, 5-46.
- (26) DEMOULIN (V.) & DRING (D. M.), 1975. — Gasteromycetes of Kivu (Zaïre), Rwanda and Burundi. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, **45**, 339-372.
- (27) CHAUDRY (M. A.), 1980. — Ectomycorrhiza of *Pinus caribaea* in Uganda. In : *Tropical Mycorrhiza Research* (Ed. by P. Mikola), pp. 88-89. Clarendon Press, Oxford.
- (28) IVORY (M. H.), 1980. — Ectomycorrhizal fungi of lowland tropical pines in natural forests and exotic plantations. In : *Tropical Mycorrhiza Research* (Ed. by Mikola), pp. 110-117. Clarendon Press, Oxford.
- (29) LEVIN (H.), BRANCH (M.), RAPPOPORT (S.) & MITCHELL (D.), 1985. — A field guide to the mushrooms of South Africa. C. Struik, Cape Town.
- (30) MISHRA (R. R.) & SHARMA (G. D.), 1977. — Studies on mycorrhiza : I. Survey of natural forest tree species of North-Eastern India. *Abstracts of the Third North American Conference on Mycorrhizae*, p. 57. Athens, Georgia.
- (31) ADAM (J. G.), 1957. — Le jardin Chevalier à Dalaba. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, Sér. A, **29**, 1030-1046.
- (32) BAS (C.), 1969. — Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph on its section *Lepidella*. *Persoonia*, **5**, 285-579.
- (33) DISSING (H.) & LANGE (M.), 1964. — Gasteromycetales II. *Fl. Iconogr. Champ. Congo*. Fasc. **13**, 233-252, tt. 41-43.
- (34) HEIM (R.), 1955. — *Lactarius*. *Fl. Iconogr. Champ. Congo*. Fasc. **4**, 83-97, tt. XII-XV.
- (35) HEINEMANN (P.), 1966. — Hygrophoraceae, *Laccaria* et Boletineae II (complément). *Fl. Iconogr. Champ. Congo*. Fasc. **15**, 279-308, tt. 47-49.
- (36) MORRIS (B.), 1987. — Common Mushrooms of Malawi. *Fungiflora*, Oslo, Norway.
- (37) PEYRONEL (B.) & FASSI (B.), 1960. — Nuovi casi di simbiosi ectomicorricizia in leguminose della famiglia delle Cesalpiniaceae. *Atti della Accademia delle Scienze di Torino*, **94**, 1-3.
- (38) FASSI (B.) & FONTANA (A.), 1962. — Micorrize ectotrofiche di *Brachystegia laurentii* e di alcune altre Cesalpiniaceae minori del Congo. *Allionia*, **8**, 121-131.
- (39) REDHEAD (J. F.), 1968. — *Inocybe* sp. associated with ectotrophic mycorrhiza on *Afzelia bella* in Nigeria. *Commonwealth Forestry Review*, **47**, 63-65.
- (40) REDHEAD (J. F.), 1974. — Aspect of the biology of mycorrhizal associations occurring on tree species in Nigeria. Ph. D. thesis, University of Ibadan.
- (41) HÖGBERG (P.), 1983.2. — Mycorrhizal associations in some woodland and forest trees and shrubs in Tanzania. *New Phytol.*, **92**, 407-415.