

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO
(I. N. É. A. C.)**

OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU MINISTÈRE BELGE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE

Évolution
du pourridié blanc, dû au *Fomes lignosus* (KL.) BRES.,
dans une plantation de *Hevea brasiliensis*
aménagée immédiatement après l'abattage de la forêt

PAR

Bruno FASSI

Docteur en Sciences agronomiques de l'Université de Turin (Italie)
Ancien Assistant à la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 105

1964

ÉVOLUTION DU POURRIDIE BLANC,
DÛ AU *FOMES LIGNOSUS* (KL.) BRES., DANS
UNE PLANTATION DE *HEVEA BRASILIENSIS*
AMÉNAGÉE IMMÉDIATEMENT
APRÈS L'ABATTAGE DE LA FORÊT

**PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO
(I. N. É. A. C.)**

OUVRAGE PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU MINISTÈRE BELGE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE ET DE LA CULTURE

Évolution
du pourridié blanc, dû au *Fomes lignosus* (KL.) BRES.,
dans une plantation de *Hevea brasiliensis*
aménagée immédiatement après l'abattage de la forêt

PAR

Bruno FASSI

Docteur en Sciences agronomiques de l'Université de Turin (Italie)
Ancien Assistant à la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 105

1964

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	9
INTRODUCTION	11
§ 1. GÉNÉRALITÉS	13
§ 2. BUT DE L'ÉTUDE	17
§ 3. MOYENS DE TRAVAIL	18
§ 4. MÉTHODES DE TRAVAIL	18
§ 5. RÉSULTATS	20
1. Pourridié en forêt	20
2. Pourridié après abattage de la forêt	23
3. Pourridié en plantation d'hévéas	25
§ 6. DISCUSSION	28
1. Pourridié en forêt	31
2. Pourridié après abattage de la forêt	35
3. Pourridié en plantation d'hévéas	36
CONCLUSIONS	47
RÉSUMÉ	49
SUMMARY	51
BIBLIOGRAPHIE	54

AVANT-PROPOS

Nous remercions le Directeur Général de l'I.N.É.A.C., M. F. JURION, pour nous avoir donné les moyens d'effectuer cette étude et d'avoir accepté de la publier dans la série scientifique de l'Institut.

Il nous est aussi particulièrement agréable d'exprimer ici nos sentiments de sincère gratitude envers M. R.L. STEYAERT, ancien Chef de la Division de Phytopathologie de l'I.N.É.A.C., à qui nous devons des conseils précieux au cours des travaux et une aide patiente et minutieuse dans la révision de notre manuscrit; des mêmes sentiments de gratitude sont adressés aussi à M. le Professeur B. PEYROWEL, ancien Directeur de l'Institut Botanique de l'Université de Turin, qui nous a aidé dans la première rédaction du texte.

Nous sommes également reconnaissant à M. le Professeur C. DONIS dont l'appui continu a été pour nous extrêmement utile; à MM. les Professeurs R. VANDERWALLE et P. STANER pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous donner pour la mise au point du texte définitif, ainsi qu'à MM. E. BUYCKX, J. FRASELLE, J. MEYER, R. PICHEL et P. POPULER, qui nous ont prodigué leurs conseils et leurs efficaces critiques.

Nous soulignons encore la constante collaboration de M. C. MAERTENS de la Division de l'Hévéa, dans la conduite des observations sur les champs; qu'il nous permette de lui exprimer ici nos sentiments de vive reconnaissance.

Enfin, nous désirons remercier M. M. JACOB, statisticien à l'Université de Grenoble pour l'aide prodiguée dans l'élaboration et la présentation des données statistiques.

INTRODUCTION

La pourriture des racines connue sous le nom de pourridié blanc est produite par *Fomes lignosus* (KL.) BRES.; elle se caractérise par une altération profonde de l'écorce et des tissus ligneux, généralement sur l'enracinement et à proximité du collet. La maladie s'observe tant dans les formations forestières naturelles que dans les plantations d'essences ligneuses, dans lesquelles ce pourridié peut occasionner des dégâts très graves. Les agents des pourridiés sont des champignons se propageant sous le niveau du sol, généralement au moyen de rhizomorphes, et qui attaquent les racines des plantes ligneuses en y formant des revêtements cordiformes épi- ou sub-corticaux, blancs ou colorés.

Les pourridiés sont provoqués généralement par des Hyménomycètes, parfois par des Ascomycètes. Les plus connus sont les suivants :

1. *Armillaria mellea* (VAHL. ex FRIES) KUMMER, synonyme : *Armillariella mellea* (VAHL. ex FRIES) QUÉL., Agaricacée.
2. *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES., synonyme : *Rigidoporus microporus* (SW.) V.O., *Leptoporus lignosus* (KL.) PAT ex HEIM., Polyporacée.
3. *Fomes noxius* CORNER, Polyporacée.
4. *Rosellinia necatrix* HARTIG, Sphaeriacee.
5. *Rosellinia* spp., Sphaeriacees.

Le nombre des espèces hôtes des pourridiés est si grand et les espèces réfractaires si rares qu'il peut être affirmé que la plupart des essences ligneuses sont susceptibles d'être attaquées. Dans les pays tempérés, les dégâts les plus graves ont été signalés sur la vigne et sur les arbres fruitiers; il sont causés surtout par *Armillaria mellea* et *Rosellinia necatrix*. Dans les forêts artificielles de résineux, au contraire, le pourridié le plus redoutable est *Fomes annosus*; celui-ci a causé et cause toujours des pertes économiques très élevées. Ces trois champignons sont endémiques dans les formations ligneuses naturelles.

Dans les régions tropicales, les dégâts par pourridiés se manifestent d'une façon grave dans les plantations d'essences ligneuses établies sur coupes forestières. Les pourridiés ont été, en effet, signalés dans toutes les cultures arbustives industrielles, telles que : hévéa, cacaoyer, caféier,

palmier à huile, théier; mais l'hévéa et le théier principalement ont subi les pertes les plus fortes. En maints cas la mortalité chez les hévéas a dépassé les 30 % avant la septième année de plantation!

Sur l'hévéa, le pourridié le plus fréquent est *Fomes lignosus*, Basidiomycète qui se trouve seulement dans les régions tropicales et qui intervient dans 90 % des cas de pourridié. *Armillaria mellea*, très connu dans les régions tempérées, est également présent, quoique beaucoup moins fréquent. *Rosellinia* spp. sont plus répandus sur théier et caféier. Dans le cas du Congo, seul pays examiné dans cette étude, c'est dans la culture de l'hévéa que les pourridiés donnent le plus de soucis. Cette culture s'effectue dans la région forestière équatoriale où le climat lui est particulièrement favorable, mais où le parasite est également largement répandu. En effet, dès les premières années de la mise en culture de l'hévéa, avant la guerre 1914-1918, et de plus en plus ensuite avec l'extension de la culture, les différentes plantations établies après abattage de la forêt ont subi des pertes par pourridiés de l'ordre de 20 % dans les cas moins graves, et jusqu'à 50 % dans les cas les plus sévères [STANER 1929, 1930, 1941].

L'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo (I.N.É.A.C.), dès sa création (1934), s'occupa du problème et des recherches furent entreprises ou projetées dans le double but : (a) de mieux connaître la biologie des parasites pour rationaliser les méthodes de lutte déjà en application; (b) de mettre à point le plus rapidement possible une méthode efficace de lutte directe. Les premières observations systématiques faites dans ce sens à l'I.N.É.A.C., permirent à STEYAERT [1948, 1949] de constater qu'un nombre important de souches des arbres abattus, pour faire place à la plantation d'hévéas, étaient colonisées par *Fomes lignosus* et que dans certains cas de souches dégagées le passage de l'infection aux hévéas était visible.

Plus tard PICHEL et MAERTENS [1956], dans une expérience « Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa, entamée en 1947 à Yangambi, ont montré clairement l'action nocive à l'état sanitaire des hévéas de la plantation effectuée immédiatement après l'abattage de la forêt; en effet ils ont enregistré, dans les six premières années de plantation, 23 % de mortalité par pourridiés immédiatement après l'abattage de la forêt, contre 14 % après trois ans de jachère forestière et 5 % après plantation de palmier à huile.

En 1952, nous avons été chargé de l'étude biologique des pourridiés au Centre de recherches de l'I.N.É.A.C. à Yangambi. Pour aborder cette étude très complexe, qui devait s'échelonner sur de nombreuses années, nous avons effectué des observations méthodiques dans les champs affectés aux recherches sus-mentionnées, avec le but précis de mettre en évidence les relations existantes entre la colonisation des souches par *Fomes lignosus* et l'évolution de ce pourridié dans la plantation d'hévéas établie parmi ces souches.

§ 1. Généralités.

Suite aux graves dommages que subirent les plantations industrielles des régions tropicales par le fait des pourridiés au début de ce siècle, plusieurs phytopathologistes entreprirent de nombreuses études et recherches afin de trouver des méthodes pratiques de lutte.

Nous exposerons en premier lieu les notions essentielles déjà acquises sur la biologie et l'écologie des pourridiés en général et du *Fomes lignosus* en particulier.

Dans l'étude des pourridiés des régions tropicales, les efforts se sont concentrés sur *F. lignosus*, qui est, dans ces pays, le principal responsable des pourritures des racines. Ce champignon est pourvu de cordons blanc-orange, intimement collés aux racines des hôtes; ils s'ouvrent en éventail dans la partie distale et sont très anastomosés sur toute leur longueur. Le champignon pénètre dans les tissus vivants de l'hôte dans une zone parfois bien en deçà de l'extrémité des hyphes, en progression sur les organes souterrains de la plante. Du réseau mycélien épiphytique, en cette zone, partent des filaments simples qui pénètrent d'abord dans l'écorce et ensuite dans le bois. Avec le temps ce dernier s'altère profondément sous l'action désagrégeante du parasite, qui provoque ainsi une pourriture sèche; *F. lignosus* forme sur la partie épigée des hôtes colonisés, généralement au collet, des corps fertiles. Ce sont des sporophores en console, simples ou soudés ensemble et confluent, avec la face supérieure jaune-orange vif et la face inférieure finement porée, d'abord blanchâtre, ensuite jaune-brune. Certains sporophores peuvent atteindre 20 cm de rayon et même plus; grands et petits, imbriqués en couches superposées, ils recouvrent la base de l'hôte et, dans certains cas, peuvent remonter jusqu'à 1-2 m et plus au-dessus du niveau du sol.

Fomes lignosus est un champignon habitant exclusivement les racines; c'est-à-dire appartenant au groupe des « root inhabiting fungi » comme les a définis GARRETT [1956]¹. Ces champignons, en effet, ne parviennent pas à se garder en vie et à se développer dans le sol sans un support végétal, généralement constitué par les racines des plantes ligneuses. Du sol proprement dit, ils ne parviennent à soustraire aucun aliment. Ils sont encore limités dans leur développement par la concurrence avec d'autres champignons lignicoles. Pour cette raison les pourridiés ne parviennent pas à pénétrer et utiliser comme aliment des tissus végétaux déjà envahis par d'autres champignons. Ce phénomène fut observé par NAPPER [1937] sur *F. lignosus* en Malaisie et observé et

1. Cependant il convient de faire une restriction pour *F. lignosus* car les sporophores assurant la propagation sporidienne se forment toujours à une certaine hauteur sur le tronc de la plante-hôte; le mycélium doit donc forcément envahir tout au moins la base du tronc.

provoqué artificiellement par LEACH [1937, 1939] lorsqu'il étudia l'éthologie d'*Armillaria mellea* au Nyassaland.

La propagation de *F. lignosus* se fait par voie gamique (sexuée) et par voie agamique (assexuée) ou végétative. Le premier cas est moins connu, bien que certains auteurs comme PETCH [1928] et STEYAERT [1948, 1949] le considèrent d'une certaine importance dans le processus d'extension du champignon sur les souches. Tous, néanmoins, sont d'accord pour affirmer que les spores n'ont aucune capacité parasitaire, mais qu'elles interviennent exclusivement dans la propagation saprophytique du champignon.

La propagation végétative se réalise au moyen de cordons épiphytiques. A partir d'une base nutritive, « food-base » de GARRETT (*loc. cit.*), constituée des tissus ligneux colonisés, le champignon forme des cordons qui se développent sur le nouveau substrat et vers de nouveaux hôtes. En général, les cordons passent d'une racine à l'autre par les points de contacts de ces racines; il arrive parfois, cependant, que les cordons progressent librement dans le sol d'une racine à l'autre, mais ceci n'a jamais lieu que sur de petites distances d'une dizaine de centimètres. Comme nous l'avons mentionné précédemment, les cordons peuvent se développer épiphytiquement sur les racines sur de longs parcours avant d'y pénétrer ou non. DE JONG [1933] a montré, par des inoculations artificielles, qu'il est nécessaire qu'un inoculum ait une certaine masse afin qu'il puisse former un ou plusieurs rhizomorphes qui pénétreront les tissus du nouvel hôte et réaliseront l'infection. GARRETT (*loc. cit.*), à ce propos, a introduit la notion de « potentiel d'inoculum », terme qui exprime l'énergie dont dispose le champignon dans le « food-base » ou base nutritive pour la réalisation de l'infection. La propagation du champignon est donc conditionnée par l'existence d'une « base nutritive » dont le champignon dispose déjà, c'est-à-dire d'une masse ligneuse colonisée par ce dernier et qui l'est suffisamment pour permettre la réalisation de l'infection sur le nouvel hôte et ultérieurement la colonisation de ce dernier.

Il revient sans doute à PETCH [1921] le mérite d'avoir le premier mis en évidence l'importance de la masse ligneuse des racines et des souches, laissées dans les sols après l'abattage de la forêt, comme cause déterminante de l'apparition et de l'expansion des pourridiés dans les plantations et de la somme des dégâts qui résultent pour les plants atteints. A la suite d'années d'observations et d'expériences (1905-1928) à Ceylan, PETCH [1928] montra que l'incidence des pourridiés dans une plantation était directement proportionnelle à la quantité de bois laissée dans le sol au moment de l'établissement de la plantation. Par conséquent, l'incidence des pourridiés sera d'autant plus petite dans les années qui suivront l'abattage que l'enlèvement des bois abattus aura été parfait. Pour cette raison PETCH proposait comme méthode de lutte le « clean-clearing » ou nettoyage complet du sol.

Le point de vue de PETCH fut généralement accepté jusqu'à 1932, époque à laquelle un autre phytopathologiste anglais NAPPER [1934] le mettait en doute, à la suite d'expériences conduites en collaboration avec WEIR en Malaise. NAPPER avait observé que des plantations d'hévéas de 3-4 ans, établies après forêt « clean-cleared », c'est-à-dire extirpée de souches et racines latérales superficielles, présentaient un taux d'infection (non de mortalité!) à *F. lignosus* nettement supérieur à d'autres plantations du même âge et dans les mêmes conditions, mais établies après abattage de la forêt, sans extirpation des souches. NAPPER expliquait le phénomène comme suit : Si l'extirpation des souches et des racines avait été complète, il n'y aurait logiquement plus de danger d'infection pour la plantation. En pratique toutefois, il reste toujours dans le sol une quantité suffisante de matériel ligneux infecté (racines colonisées) pour provoquer les infections dans les jeunes plantations. Les dégâts sont alors plus grands que dans le cas du non-essouchement, car les foyers persistants dans le sol après cette opération, n'ayant plus les souches comme substrat intermédiaire, ne trouvent plus aucun obstacle à leur progression et ils concentrent ainsi leur action parasitaire sur les hévéas de la plantation! Sur la base du même raisonnement il ajoutait que, si on permet à la couverture végétale naturelle de se reformer sur une parcelle de forêt abattue, la quantité de bois hypogée, appartenant aux plantes en culture, serait relativement faible par rapport à la masse totale de bois se trouvant dans le sol que le pourridié est susceptible d'attaquer. Conséquemment, il déduisait que la probabilité d'une attaque des plantes cultivées était réduite. Pour cette raison il conseillait comme lutte préventive : (1) la plantation en terrain non essouché et (2) la régénération spontanée de la couverture végétale naturelle entre les lignes des hévéas. Tandis que NAPPER, à la suite de ses expériences, conduites malheureusement pendant un temps trop court (3-4 ans), semblait avoir démontré que l'affirmation de PETCH sur l'importance de la masse ligneuse dans l'extension des pourridiés n'était pas valable, un autre phytopathologiste, DE JONG, en 1933, confirmait expérimentalement le point de vue de PETCH. Il démontrait en effet, dans une expérience, qu'il était nécessaire d'avoir un *inoculum ligneux de masse suffisamment grand* pour réaliser une infection effective et progressive sur des hévéas, sans quoi un début d'infection pouvait avorter par épuisement de l'inoculum.

Pour l'évaluation de la pathogénèse, DE JONG prenait en considération la *mortalité* et non l'*infection* comme NAPPER; ce fait peut expliquer les conclusions différentes auxquelles sont arrivés les deux chercheurs.

Trois ans plus tard, à la suite d'observations faites en plantation d'hévéas, SHARPLES [1936] au contraire, confirmait que l'importance de la masse des racines des plantes abattues laissée dans le sol faisait obstacle à l'extension des rhizomorphes des pourridiés, en accord donc avec NAPPER. Il affirmait en effet que les rhizomorphes progressent

seulement sur des surfaces dures et elles dépensent une partie des réserves nutritives de leur masse mycélienne à recouvrir la surface des obstacles qu'ils rencontrent, de façon que le rayon d'action effectif de chaque centre d'infection est en fonction inverse de la concentration des obstacles dans le sol. L'infection tendrait, à cause de cela, à augmenter avec l'extirpation partielle du matériel ligneux du sol (considéré par SHARPLES comme obstacle et non comme substrat nutritif possible). Mais, une limite à cette augmentation (de l'infection) serait atteinte lorsqu'une extirpation ultérieure arrêterait l'expansion du mal par élimination de toutes sources d'infection!

Entre-temps, LEACH [1939] jettait des lumières sur des aspects très importants de la biologie des pourridiés en étudiant *Armillaria mellea* sur les théiers au Nyassaland; il trouvait en effet que :

1) Dans la forêt vierge, le pourcentage d'arbres tués par *A. mellea* est très faible, même dans des formations pures d'espèces sensibles. Toutefois, lorsque la forêt est abattue, les racines de ces espèces sont envahies par ce pourridié : ceci implique que, une fois l'arbre abattu, le haut degré de résistance des racines à la pénétration du champignon est complètement détruit.

2) Si les arbres de la forêt au lieu d'être abattus sont annelés, comme il arrive dans certains champs indigènes, les racines sont colonisées par *Rhizoctonia bataticola* et non par *Armillaria mellea*.

Du fait que les racines étaient, par l'annélation, complètement dépourvues d'amidon, l'auteur en déduisait que l'absence d'amidon rendait les racines réfractaires à l'Armillaire, ce qu'il avait observé dans un essai d'inoculation artificielle sur semis de théier. En conséquence LEACH proposait comme méthode de lutte de faire précéder l'abattage d'une annélation, opérée quelques années auparavant.

Au Congo, les premières observations systématiques sur la biologie et l'écologie des pourridiés furent entreprises par STEYAERT [1948, 1949]. Elles mettaient en évidence des degrés divers de sensibilités des espèces forestières aux pourridiés; il considérait que les souches des espèces plus réceptives assuraient la généralisation de l'infection dans les plantations d'hévéas. Sur la base des observations faites au Congo, STEYAERT contrebattait l'affirmation de NAPPER que dans le cas de la non-extirpation les souches constitueraient dans les jeunes plantations des obstacles solides à la propagation de *F. lignosus* sur les hévéas et il donnait du phénomène l'explication suivante : « dans le cas du non-essouchement les foyers latents de pourridiés ne sont pas dérangés ni le sol aéré. Le développement des pourridiés est plus lent au départ mais se renforce en quantité et en virulence au cours des années. Les pourridiés n'épuisent pas leur énergie de croissance en se développant sur des volumes de plus en plus grands de matières solides. Au contraire, au plus d'aliment est donné à un organisme au plus il se dévelop-

pera en force et vigueur. Les foyers croissant en volume accroissent leur potentiel de virulence pour les plantations d'âge plus avancé (NAPPER avait limité ses relevés à la quatrième année de plantation) ». En conséquence STEYAERT conseillait :

— soit l'essouchement aussi parfait que possible,

— soit de retarder la plantation d'autant d'années qu'il fallait pour arriver à la désagrégation complète des matières ligneuses dans le sol,

— ou, encore mieux et plus économiquement, l'abattage progressif des différents étages de la forêt en utilisant le bois d'œuvre, et en empoisonnant les souches, pour arriver finalement à une forêt de sous-étage, où la plantation serait effectuée en layons. Il a encore émis l'idée d'« assolements » c'est-à-dire de successions de cultures de plantes perennes. La culture de l'hévéa ne serait pratiquée qu'après la culture d'une plante peu ou non susceptible aux pourridiés qui elle serait effectuée immédiatement après l'abattage [STEYAERT, 1950].

§ 2. *But de l'étude.*

L'analyse critique de la bibliographie fait ressortir la discordance d'opinions qui a surgi dans l'interprétation de la pathogénèse. D'une part, il y avait les résultats des observations de PETCH pour Ceylan, de STEYAERT pour le Congo, des expériences de DE JONG pour l'Indonésie et de LEACH pour le Nyassaland qui affirmaient l'importance de la masse ligneuse laissée dans le sol après l'abattage comme cause déterminante de l'extension des pourridiés dans les plantations; d'autre part, il y avait les observations et les expériences de NAPPER qui semblaient démontrer paradoxalement le contraire. C'est-à-dire que, dans la diffusion des pourridiés dans une plantation, n'agiraient que les *foyers dispersés* déjà existants en forêt avant l'abattage, tandis que la masse ligneuse laissée dans le sol après l'abattage, c'est-à-dire les souches, n'aurait qu'une action contrariante pour la propagation des pourridiés sur les hévéas, en constituant une base nutritive abondante pour les parasites mêmes, qui deviendrait de ce fait un obstacle au passage de ces derniers sur les hévéas.

Pour résoudre cette contradiction apparente il aurait fallu entreprendre une expérience de plantation d'hévéas sur un abattage de forêt suivi ou non d'essouchement. Cet essai n'a pas été entrepris car les conditions économiques étaient telles que l'essouchement était économiquement interdit dans la pratique courante d'établissement des plantations. Les circonstances nous ont obligé de nous limiter à suivre l'évolution des pourridiés dans le seul cas de l'abattage simple, en partant des conditions de forêt sur pied et en suivant d'année en année

l'extension des pourridiés sur les souches et sur les hévées. Le but des recherches analysées ici était d'établir la mesure dans laquelle la colonisation des souches par le *Fomes lignosus* influence l'évolution de ce pourridié dans la plantation d'hévées¹.

§ 3. Moyens de travail.

Le problème est étudié dans le cadre de la forêt équatoriale hétérogène à *Scorodophloeus zenkeri* HARMS, de la famille des Caesalpiniaceae. Cette formation est assez étendue dans la région et elle appartient, d'après LEBRUN et GILBERT [1954], au groupe des forêts semicaducifoliées et guinéennes formant l'alliance *Oxystigma-Scorodophloeion*.

Le travail fut poursuivi à Yangambi, à 480 m au dessus du niveau de la mer, dans le Centre de recherches de l'I.N.É.A.C., sur les parcelles suivantes :

A. 2,5 ha d'une plantation d'hévées, établie en 1947, immédiatement après abattage de la forêt. Cette partie de plantation est connue comme Bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa; elle est divisée en dix parcelles de 2.500 m²; chacune avait au départ 120 hévées greffés à l'âge de un an. Le recru forestier, quoique périodiquement rabattu, s'est développé entre les lignes.

B. 8 ha de forêt contigus au bloc susmentionné. Il s'agit du Bloc « Lusambila » complètement inventorié par la Division forestière.

Nous avons observé tous les ans, pendant 7 années, les souches forestières et les hévées du bloc A et, une seule fois, tous les arbres et les souches du bloc B.

§ 4. Méthodes de travail.

Nous avons observé systématiquement les hôtes et le parasite dans le but de mettre en évidence les effets du second sur les premiers et réciproquement des premiers sur le second; autant qu'il était possible de le faire, ces effets réciproques furent mesurés ou évalués au cours de l'évolution de la maladie : (1) dans la forêt sur pied (2) dans la forêt abattue et (3) dans la plantation d'hévées.

1. Outre ces recherches nous avons entrepris quelques expériences d'annélation et d'empoisonnement des arbres de la forêt pour en essayer l'efficacité dans la lutte préventive contre les pourridiés. Ces expériences ont été conduites en nous inspirant des recherches de LEACH sur l'annélation et au conseil de STEYAERT sur l'empoisonnement. Les résultats positifs déjà acquis par l'expérience d'annélation feront l'objet d'une autre publication.

- L'étude a été entamée en procédant aux cinq opérations suivantes :
- Évaluation de l'importance quantitative des plantes hôtes.
 - Évaluation de l'importance quantitative du *Fomes lignosus*, ou plus exactement des foyers d'infection, exprimé par l'importance des hôtes colonisés.
 - Évaluation de l'état physiologique des hôtes.
 - Évaluation de l'efficience des foyers d'infection et de leur persistance.
 - Évaluation de l'effet parasitaire.

Tous les arbres forestiers, les souches et les hévées ont été considérés comme des hôtes en puissance de *F. lignosus*.

D'autre part, tous les arbres forestiers, souches et hévées manifestement colonisés par *F. lignosus*, c'est-à-dire ceux qui en portaient les sporophores, ont été considérés comme des foyers d'infection. Chacun de ces sujets porteurs de sporophores fut prise comme unité d'inoculum ou foyer d'infection. L'évaluation de l'importance quantitative des hôtes et du parasite est représentée par l'importance en nombre multiplié par la surface terrière¹ des hôtes. Cette dernière mesure a été prise comme indice de l'importance de la masse radiculaire des hôtes et des foyers. Il est nécessaire en effet de recourir à un indice plus ou moins proportionnel à la fois à la masse radiculaire des arbres sains et à la masse des arbres colonisés ou foyers d'infection.

Deux états physiologiques ont été considérés : le normal, c'est-à-dire celui des arbres intacts et robustes et l'anormal, c'est-à-dire celui des arbres dépérissants, ou des arbres morts, abattus ou non.

Nous avons exprimé la persistance des foyers d'infection par le nombre d'années durant lesquelles les arbres ou les souches colonisés par *Fomes lignosus* restent compacts², c'est-à-dire que leur bois est resté consistant. L'arbre ou la souche dont le bois était compact a été considéré comme un foyer actif d'infection, l'arbre ou la souche désagrégé comme foyer éteint.

Le nombre des sujets morts par le pourridié à *Fomes lignosus* ainsi que la totalisation de leur surface terrière expriment chaque année les effets des foyers d'infection. On a tenu compte du seul effet léthal, en tant qu'effet irréversible qui ne laisse donc aucun doute sur l'interprétation de l'évolution de la maladie. De toute façon, les cas de contamination et d'infection n'auraient pu être relevés sans ouvrir le sol et en conséquence sans perturber le milieu. Étant donné la faible production et la durée relativement éphémère des sporophores d'*Armillaria mellea* dans les forêts tropicales, ce champignon n'a pas été pris en considération dans le relevé des données. Celles-ci se limitent donc à *Fomes lignosus* qui représente toutefois environ 90 % des cas de pourridiés.

1. Surface terrière : surface du sol occupé par la base du tronc.

2. Compacts : il faut entendre par ce qualificatif des souches ou des arbres qui ne sont pas encore désagrégés par l'action du *Fomes lignosus*.

§ 5. Résultats.

1. Pourridié en forêt.

a. Importance quantitative des hôtes.

Les données sur l'importance quantitative des hôtes, c'est-à-dire des arbres de la forêt du bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa ont été rassemblées en un seul tableau (tabl. I). Il a été jugé opportun de donner aussi, mais séparément, l'importance quantitative

TABLEAU I

*Importance quantitative des hôtes forestiers,
dans le bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa.
(2,5 hectares)¹.*

N° des parcelles	Tous les arbres		<i>Scorodo phloeus zenkeri</i>			
	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière		Nombre	En % de tous les arbres
			(m ²)	En % de tous les arbres		
1	9,5762	80	2,1184	21	24	30
3	8,5653	78	1,5043	17	17	22
6	8,3544	72	2,0508	25	14	19
4	7,6254	76	3,0617	40	34	45
9	7,4292	70	2,1461	29	16	23
7	6,5829	76	1,8424	28	14	18
10	6,4516	67	2,5537	40	20	30
2	5,6791	64	2,4331	43	22	34
8	5,5661	62	1,6695	30	21	34
5	4,7557	58	1,7742	37	14	24
Total . .	70,5859	703	21,1542		196	
Parcelle moyenne de 2500 m ² .	7,0586	70	2,1154	30	20	28

1. D'après le relevé effectué en 1947 par la Division forestière de l'I.N.É.A.C. sur les arbres de circonférence supérieure à 30 cm.

des *Scorodophloeus zenkeri*, c'est-à-dire de l'essence la plus représentée dans la forêt, pour mieux faire ressortir la variabilité d'une parcelle à l'autre.

b. *État physiologique des hôtes.*

Pour suppléer à l'absence de renseignements sur l'état sanitaire du bloc de forêt à l'époque de l'abattage en 1947, des observations furent effectuées dans un bloc contigu de 8 ha de forêt non abattue en 1956; les observations suivantes furent enregistrées :

Arbres morts	162, soit 3,1 %
Arbres visiblement malades	25, soit 0,4 %
Arbres morts et malades	187, soit 3,5 %
Total d'arbres observés.	5257, soit 100 %
	(204,4 m ² de surface terrière).

c. *Importance quantitative des foyers de Fomes lignosus.*

Comme pour l'état physiologique des hôtes, des observations furent effectuées dans le bloc de forêt contiguë non encore abattue en 1956 et d'après lesquelles les données du tableau II on pu être établies.

TABLEAU II

Importance quantitative des foyers de Fomes lignosus et leur efficacité.
(Bloc B « Lusambila » 8 hectares de forêt sur pied.)

	Foyers actifs (arbres colonisés encore compacts)				Foyers éteints (arbres colonisés désagrégés)		Total			
	Nombre	En % de tous les arbres	Sur- face ter- rière (m ²)	En % de tous les arbres	Nombre	Sur- face ter- rière (m ²)	Nombre	(%)	Sur- face ter- rière (m ²)	(%)
Pour tout le bloc (80.000 m ²)	11	0,2	1,98	0,9	11	2,04	22	0,4	4,02	1,9
Pour la parcelle moyenne (2.500 m ²)	0,3		0,06		0,3	0,06	0,6		0,12	

d. *Distribution des foyers.*

Dans les parcelles situées à proximité du bloc A de forêt abattue en 1947 le nombre de foyers était élevé; il s'agissait bien souvent de souches d'arbres abattus isolément. Ailleurs, au contraire, il y avait plusieurs parcelles sans présence de foyers visibles bien que des rhizomorphes de *F. lignosus*, qui avaient pris naissance dans des foyers situés dans les parcelles voisines et qui de ce fait avaient parcouru de grandes distances, étaient visibles sur des racines absolument saines d'arbres dégagés. Enfin, plusieurs arbres colonisés par *F. lignosus* avaient les racines mises à l'air par chablis.

e. *Effet parasitaire.*

L'effet parasitaire de *F. lignosus* fut particulièrement remarqué : sur des sujets abattus ou cassés, sur des sujets vieux ou de toute façon en dépérissement, dans la colonisation desquels interviennent outre *F. lignosus* encore d'autres champignons lignicoles, et sur certaines espèces susceptibles : *Polyalthia suaveolens*, *Panda oleosa*, *Celtis* spp.

TABLEAU III

Perte de vitalité des arbres de la forêt abattue (souches) et rapidité de désagrégation.
(Bloc A de l' « Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa)

Années après l'abattage	Souches vivantes sur 100		Souches mortes et pourries sur 100		Souches pourries sur 100	
	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)
1	—	—	—	—	—	—
2	60	62	40	38	2	2
3	—	—	—	—	—	—
4	27	26	73	74	27	16
5	17	18	83	82	36	23
6	10	9	90	91	47	37
7	7	7	93	93	55	45
8	5	5	95	95	69	62
9	—	—	—	—	—	—
10	2	1	98	99	90	85

2. Pourridié après abattage de la forêt.

Le déséquilibre provoqué par l'abattage est bien exprimé par la perte de vitalité que l'ensemble des souches manifestent avec le temps. Le tableau III résume les données recueillies dans les dix premières années après l'abattage. Les mêmes données sont illustrées par les graphiques de la figure 1 (p. 24).

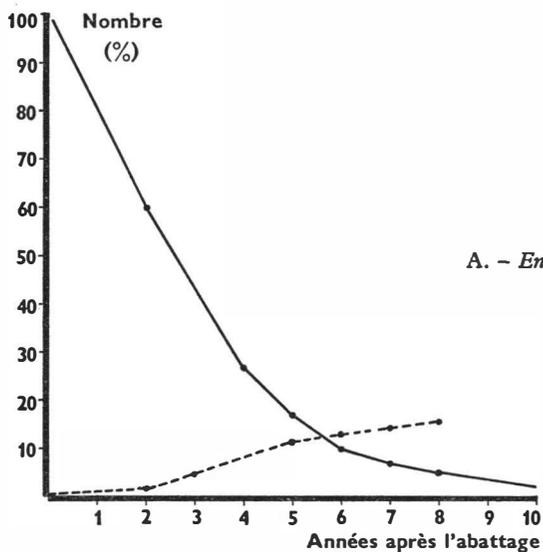
Quant à l'importance quantitative des foyers de *F. lignosus*, l'inoculum moyen pour la parcelle de 2.500 m² au moment de l'abattage est représenté d'une part par une surface terrière de 0,06 m² (il est entendu que ce chiffre traduit en une valeur de surface une certaine masse racinaire atteinte de *Fomes lignosus*), et d'autre part par 0,3 plante. Ces chiffres résultent d'observations faites dans le bloc de forêt non encore abattue en 1956, époque de l'observation.

TABLEAU IV

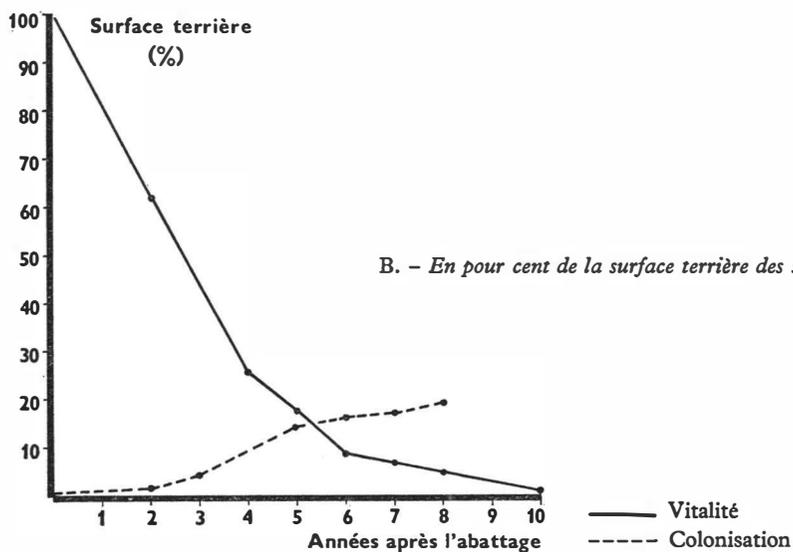
Colonisation des souches forestières par Fomes lignosus dans le bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa. (Parcelle moyenne de 2.500 m².)

Années après l'abattage	Nouveaux cas		Total			
	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	En % de toutes les souches	Surface terrière (m ²)	En % de toutes les souches
0	—	—	0,3	0,2	0,0600	0,9
1	—	—	—	—	—	—
2	0,7	0,0600	1	1,4	0,1200	1,7
3	3	0,2458	4	5,7	0,3658	4,6
4-5	5	0,6372	9	12,8	1,0030	14,5
6	1	0,1305	10	14,3	1,1335	16,4
7	1	0,0589	11	15,7	1,1924	17,2
8	1	0,1549	12	17,1	1,3473	19,4

Comme démonstration de l'effet parasitaire de *F. lignosus* sur les arbres à la suite de l'abattage, l'évolution de la colonisation des souches par le même champignon est donnée au tableau IV et les graphiques de la figure 1. La distribution de la colonisation de *F. lignosus* sur les différentes espèces est reprise au tableau V (pp. 26-27).



A. — En pour cent du nombre des souches.



B. — En pour cent de la surface terrière des souches.

Fig. 1. — Perte de vitalité des arbres abattus (souches) de la forêt et leur colonisation par *Fomes lignosus*. « Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa, Bloc A.

3. Pourridié en plantation d'hévéas.

La plantation au départ avait 120 hévéas par parcelle unitaire de 2.500 m². L'évolution de l'occupation de la parcelle unitaire moyenne est donnée par le tableau VI¹. Malgré qu'en neuf ans on observe une perte de 25 % des individus, due exclusivement aux pourridiés, la masse totale des hévéas devient particulièrement importante et surtout à partir de la septième année.

TABLEAU VI

Importance quantitative des hévéas hôtes dans la parcelle moyenne unitaire de 2.500 m² du bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa.

Années de plantation	Nombre d'hévéas	Circonférence moyenne par hévéa (cm)	Surface terrière moyenne par hévéa (cm ²)	Surface terrière totale (m ²)	Accroissement de la surface terrière (m ²)
1	120	8,4	5	0,0600	0,0600
2	120	19,6	31	0,3720	0,3120
3	118	33,7	79	0,9322	0,5602
4	112	47,9	177	1,9824	1,0502
5	105	58,8	255	2,6775	0,6951
6	98	68,9	347	3,3906	0,7131
7	95	85,5	573	5,4335	2,0429
8	94	93,4	661	6,2034	0,7699
9	91	105,9	856	7,7796	1,5762

Aucunes observations sur l'état physiologique des hévéas n'ont été systématiquement effectuées si ce n'est qu'accessoirement à celles qui avaient pour but l'étude des pourridiés. Au cours des années d'observation ces derniers se révélèrent être la seule cause de soucis.

Le tableau VII (p. 28) résume toutes les données sur l'importance et l'évolution des foyers d'infection, à partir de l'année de la plantation et jusqu'à la neuvième année comprise; pour la dernière année font défaut les nouveaux cas de colonisation des souches. Le tableau VIIa (p. 30) ne prend en considération que la fraction active de l'inoculum et dans les neuf parcelles à l'étude.

1. L'occupation des hévéas en mètres carrés de surface terrière n'a pas été calculée sur la base de mesures directes de la circonférence, mais sur la base des valeurs moyennes de la circonférence reprises du travail de PICHÉL [1951].

TABLEAU
Colonisation des souches par Fomes lignosus.
 (10 parcelles de 2.500 m²;

Espèces	Souches			
	Nombre	(%)	Surface terrière (m ²)	(%)
<i>Scorodophloeus zenkeri</i> HARMS	196	27,9	22,0740	30,0
<i>Anonidium mannii</i> (OLIV.) ENG. et DIELS	36	5,1	5,1970	7,4
<i>Cola griseiflora</i> DE WILD.	84	12,0	3,3510	4,7
<i>Polyalthia suaveolens</i> ENG. et DIELS. . .	47	6,7	3,2147	4,5
<i>Oxystigma oxyphyllum</i> (HARMS) J. LÉO- NARD.	9	1,3	2,4717	3,5
<i>Celtis mildbraedii</i> ENGL.	8	1,1	2,2576	3,2
<i>Cynometra hankei</i> HARMS	8	1,1	2,2585	3,2
<i>Panda oleosa</i> PIERRE	18	2,6	2,0812	2,9
<i>Gambeya lacourtiana</i> (DE WILD.) AUBR. et PELLEGR.	18	2,6	1,9738	2,8
<i>Blighia welwitschii</i> (HIERN.) RADLK. . . .	10	1,2	1,9271	2,7
<i>Diospyros</i> sp.	28	4,0	1,4405	2,0
<i>Erythrophleum suaveolens</i> (G. et P.) BRENNAN	6	0,8	1,3061	1,8
<i>Pancovia laurentii</i> (DE WILD.) GILG. ex DE WILD.	25	3,5	1,2545	1,8
<i>Strombosiosis tetrandra</i> ENGL.	11	1,6	1,1917	1,7
<i>Pterocarpus soyauxii</i> TAUB.	5	0,7	1,0180	1,4
Total partiel	509	61,8	52,0976	73,8
Autres essences	194	38,2	18,4883	26,2
Total	703	100,0	70,5859	100,0

V

Bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévée

Bilan 1955 : 9 ans après l'abattage).

Souches avec sporophores de <i>Fomes lignosus</i>						En % de souches colonisées par <i>Fomes lignosus</i>	
Nombre	En % de chaque espèce	En % de toutes souches	Surface terrière (m ²)	En % de chaque espèce	En % de toutes souches		
40	20	5,7	5,9756	27	8,4	32	
5	14	0,7	0,6293	12	0,8		
19	23	2,7	0,7792	23	1,1		
11	23	1,5	0,9879	31	1,4		5
2	22	0,1	0,3223	13	0,4		8
5	62	0,7	1,5440	68	2,1		
0			0				
5	28	0,7	1,2770	61	1,8		7
1	5	0,1	0,2258	11	0,3		9
5	50	0,7	1,6489	85	2,3		
1	3	0,1	0,0413	3	0,06		
0			0				
3	12	0,4	0,1920	15	0,3		
2	18	0,3	0,2275	19	0,3		
1	20	0,1	0,4210	41	0,6		
	En % de groupe d'essences			En % de groupe d'essences		24	
100	19	14	14,2718	26	19,5		
31	17	4	4,1762	25	6,5		
131		19	18,4480		26,0		

TABLEAU

Évolution de l'importance quantitative des foyers d'infection de Fomes lignosus,
(Parcelle moyenne)

Chronologie depuis l'abattage et la plantation	Nouveaux foyers						Foyers actifs					
	Souches		Hévéas		Total		Souches		Hévéas		Total	
	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)
1947 0	—	—	—	—	—	—	0,3	10,0600	—	—	0,3	0,0600
1948 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1949 2	0,7	0,0600	0	0	0,7	0,0600	1	0,1200	0	0	1	0,1200
1950 3	3	0,2458	0	0	3	0,2458	4	0,3658	0	0	4	0,3658
1951 4	3	0,3186	2	0,0018	5	0,3204	5	0,4555	2	0,0018	7	0,4573
1952 5	2	0,3186	5	0,0456	7	0,3642	5	0,6796	7	0,0504	12	0,7300
1953 6	1	0,1305	8	0,1396	9	0,2701	5	0,6919	13	0,1853	18	0,8772
1954 7	1	0,0589	6	0,1417	7	0,2006	3	0,4397	14	0,2813	17	0,7210
1955 8	1	0,1549	4	0,1311	5	0,2860	1	0,2968	10	0,2728	11	0,5696
1956 9	?	?	3	0,1528	2	0,1528 (partiel)	?	?	12	0,4255	12	0,4255 (partiel)

Le tableau VIII donne la distribution des foyers d'infection pour les neuf parcelles dans lesquelles les observations ont été effectuées; il manque les données d'une parcelle (n° 7), où les observations sur les hévéas ont été abandonnées après quelques années.

De l'action parasitaire complexe de *Fomes lignosus* sur les hévéas seul l'effet léthal, qui est résumé au tableau IX, a été pris en considération. Les mortalités sont exprimées en nombre d'hévéas morts et en surfaces terrières correspondantes.

L'effet léthal global sur les hévéas et sur les souches pour les neuf parcelles séparément est consigné au tableau X (p. 34).

§ 6. Discussion.

Dans l'étude sur l'évolution du pourridié à *Fomes lignosus*, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, nous avons voulu tenir compte simultanément des facteurs inhérent au parasite et d'autres inhérent à l'hôte en majeure

VII

et de leur efficacité dans le bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa. de 2.500 m².)

Foyers éteints						Total					
Souches		Hévéas		Total		Souches		Hévéas		Total	
Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)
—	—	—	—	—	—	0,3	0,0600	—	—	0,3	0,0600
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	1	0,1200	0	0	1	0,1200
—	—	—	—	—	—	4	0,3658	0	0	4	0,3658
2	0,2289	—	—	2	0,2289	7	0,6844	2	0,0018	9	0,6862
4	0,3234	—	—	4	0,3234	9	1,0030	7	0,0474	16	1,0504
5	0,4416	2	0,0017	7	0,4478	10	1,1335	15	0,1870	25	1,3205
8	0,7527	7	0,0474	15	0,8063	11	1,1924	21	0,3287	32	1,5211
11	1,0505	15	0,1870	26	1,2457	12	1,3473	25	0,4598	37	1,8071
—	—	—	—	—	—	?	?	28	0,6126	40	1,9599

partie déjà pris en considération par les chercheurs qui nous ont précédés. Mais ces facteurs n'ont jamais été évalués simultanément dans leur effet sur l'évolution du pourridié et ce, pendant tout un cycle de développement d'une plantation d'hévéas. Dès le départ nous avons pris en considération les facteurs suivants :

1. La masse de foyers dont l'importance fut déjà reconnue par PETCH [*op. cit.*], DE JONG [*op. cit.*], STEYAERT [*op. cit.*], GARRETT [*op. cit.*], GIBSON [*op. cit.*], PICHEL [*op. cit.*] et VAN VLOTEN [*op. cit.*].

2. L'état physiologique des hôtes, facteur décisif dans la résistance à la pénétration du parasite dans les tissus de l'hôte, comme l'a bien démontré LEACH [*op. cit.*].

3. La distance entre l'inoculum et l'hôte, dont l'effet négatif sur la réalisation de l'infection a été récemment démontré par GARRETT [1956].

4. La masse racinaire de l'hôte, facteur qui apparemment n'a pas encore été pris en considération jusqu'à présent dans les recherches

TABLEAU

Foyers actifs d'infection de *Fomes lignosus* dans les

Années	Surface des parcelles (m ²)	Troisième			Quatrième			Cinquième		
Parcelles (n°)		Surface terrière (m ²)			Surface terrière (m ²)			Surface terrière (m ²)		
		Sou-ches	Hévéas	Total	Sou-ches	Hévéas	Total	Sou-ches	Hévéas	Total
1	2.500	0,1594	—	0,1594	0,1516	—	0,1516	0,1533	0,0141	0,1674
3	2.500	0,4350	—	0,4350	0,3925	—	0,3925	0,3505	0,0237	0,3742
6	2.500	0,1262	—	0,1262	0,3566	—	0,3566	0,8395	0,0158	0,8553
4	2.500	0,3132	—	0,3132	0,3173	—	0,3173	0,3214	0,0237	0,3451
9	2.500	0,6218	—	0,6218	0,7301	—	0,7301	1,3519	0,1103	1,4622
10	2.500	0,4766	—	0,4766	0,7514	0,0124	0,7638	0,8585	0,1072	0,9657
2	2.500	0,1892	—	0,1892	0,7531	0,0031	0,7562	0,9454	0,0821	1,0275
8	2.500	0,5612	—	0,5612	0,1020	—	0,1020	0,2041	0,0395	0,2436
5	2.500	0,4098	—	0,4098	0,5453	—	0,5453	1,0917	0,0378	1,1295
Total	22.500	3,2924	—	3,2924	4,0999	0,0155	4,1154	6,1163	0,4542	6,5705
Moyenne	2.500	0,3658	—	0,3658	0,4555	0,0018	0,4573	0,6796	0,0504	0,7300

sur les pourridiés, mais qui semble cependant être un facteur clef pour l'interprétation de l'évolution du pourridié dans les formations ligneuses à l'étude, comme cet exposé cherche à le démontrer.

Les phases successives de développement du champignon, à partir de la situation en forêt pour aboutir à celle en plantation d'hévéas adultes, seront donc représentées et discutées sur la base de l'évolution des facteurs susmentionnés dans la relation parasite-hôte.

Par commodité nous utiliserons les symboles suivants pour désigner les différents facteurs :

mc < Mc masse racinaire colonisée par *Fomes lignosus* ou foyers d'infection,

mv < Mv masse racinaire vivante des hôtes qui est en contact avec mc ou Mc,

r < R réaction de l'hôte à l'infection,

d < D distance extrême entre mc ou Mc et mv ou Mv ou distance entre les foyers et l'hôte le plus éloigné.

VIIa

9 parcelles de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa.

Sixième			Septième			Huitième		
Surface terrière (m ²)			Surface terrière (m ²)			Surface terrière (m ²)		
Sou-ches	Hévéas	Total	Sou-ches	Hévéas	Total	Sou-ches	Hévéas	Total
0,5377	0,1141	0,6518	0,6162	0,1317	0,7479	0,4855	0,0602	0,5457
0,3206	0,2184	0,5390	0,1912	0,3732	0,5644	0,8716	0,3867	1,2583
0,6642	0,1397	0,8039	0,4443	0,2514	0,6957	—	0,3704	0,3704
0,2081	0,1122	0,3203	0,0078	0,1905	0,1983	0,1118	0,1714	0,2832
1,1930	0,2541	1,4471	0,9407	0,4908	1,4315	0,3959	0,4356	0,8315
1,1718	0,1833	1,3551	0,7168	0,1395	0,8563	0,3703	0,2245	0,5948
0,9175	0,2029	1,1204	0,4949	0,1749	0,6698	0,0934	0,2245	0,3179
0,2695	0,0749	0,3444	0,1366	0,1629	0,2995	—	0,2316	0,2316
0,9448	0,3679	1,3127	0,4085	0,6168	1,0253	0,3431	0,3499	0,6930
6,2272	1,6675	7,8947	3,9570	2,5317	6,4887	2,6716	2,4548	5,1264
0,6919	0,1853	0,8772	0,4397	0,2813	0,7210	0,2968	0,2728	0,5696

1. Pourridié en forêt.

En forêt, on a observé un nombre important de sujets d'espèces et d'âges différents avec un grand développement aérien et racinaire; les sept mètres carrés de surface terrière des 70 arbres par parcelle moyenne de 2.500 m² dans le bloc A (tabl. I), l'indique très clairement. Les conditions physiologiques de la plupart de ces arbres avant l'abatage étaient bonnes [WAGEMANS, 1947]. Nous avons d'ailleurs observé une situation sanitaire semblable en 1956 dans le bloc B, de forêt sur pied de 8 ha, dénommé « Lusambila », contigu au bloc A et de composition floristique très semblable. Le taux de sujets morts et dépérissants était à peine de 3,5 % sur 5.257 arbres observés.

L'importance quantitative des foyers de *Fomes lignosus* dans le bloc A devait être également faible, comme on a pu le constater dans le bloc B contigu encore sur pied; les sujets colonisés par *Fomes lignosus* y représentaient à peine 0,4 % de tous les arbres observés et 1,9 % de la surface terrière totale (tabl. II). Ce taux de colonisation, cinq fois

TABLEAU VIII

Importance quantitative des foyers d'infection de *Fomes lignosus*
dans 9 parcelles de 2.500 m²,
du bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa.
Bilan 1956 : 9^e année de plantation.

Parcelles (n°)	Foyers d'infection (Souches forestières et hévéas colonisés)	
	Nombre	Surface terrière (m ²)
9	69	3,3413
3	42	2,5761
5	54	2,4559
10	38	2,0250
2	40	1,9395
6	37	1,7830
8	25	1,3190
4	25	1,1310
1	22	1,0914
Total . . 9	352	17,6622
Moyenne	39	1,9625
Écart-type (s)	12	0,74
Coefficient de variation . .	30,8 %	37,8 %

plus élevé lorsque exprimé en surface terrière, est dû à la colonisation des sujets de grande taille. La moitié des individus étaient toutefois déjà désagrégés et conséquemment représentaient des foyers éteints, tandis que d'autres, renversés par le vent, avaient les racines à l'air, ce qui réduisait d'autant la masse infectieuse. De plus, tant que le mycélium ou les rhizomorphes du champignon ne rencontraient que des racines d'arbres vigoureux offrant une grande résistance à l'infection, ils se développaient épiphytiquement sur de grandes étendues avec de grandes dépense d'énergie pour l'inoculum.

La situation dans l'ambiance forestière peut donc se résumer comme suit : quelques rares foyers actifs à *Fomes lignosus*, dont la surface terrière est à peine de 0,06 m², dispersés, par un réseau mycélien très étendu, sur des racines d'arbres assurant un haut degré de résistance

TABLEAU IX

Évolution de la mortalité par *Fomes lignosus* des hêvéas
du bloc A de l'« Essai Fomes » de la Division de l'Hévéa.
(Parcelle moyenne de 2.500 m².)

Nombre d'années depuis la plantation	Nouveaux cas		Total		Taux de mortalité	
	Nombre	Surface terrière (m ²)	Nombre	Surface terrière (m ²)	Annuel (%)	Total (%)
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—
3	2	0,0018	2	0,0018	1,7	1,7
4	5	0,0456	7	0,0474	4,1	5,8
5	8	0,1396	15	0,1870	6,6	12,4
6	6	0,1417	21	0,3287	5,0	17,0
7	4	0,1311	25	0,4598	3,3	20,7
8	3	0,1528	28	0,6126	2,5	23,2
9	2	0,1115	30	0,7241	1,7	24,9

biologique à l'infection, dont la surface terrière mesure 7 m² par parcelle unitaire de 2.500 m². Dans cette ambiance, le rapport des forces est donc nettement en faveur de la végétation ligneuse. L'agressivité du *Fomes lignosus* est par conséquent réduite; ce qui se remarque par le fait qu'on n'a relevé que 0,2 % de cas de colonisation récente et encore n'ont succombé que les arbres en conditions physiologiques précaires, tels que : les arbres vieux ou dépérissants, les arbres cassés ou chablis et les espèces sensibles.

Les observations font ressortir que la forêt qui a une grande masse racinaire est douée d'une haute résistance à l'infection. En effet, la fraction racinaire colonisée est toujours limitée; ce qui nous est apparu tant au cours de nos travaux de recherches à Yangambi que dans de nombreuses autres localités du Congo ¹.

Fomes lignosus subsiste mais en quelques foyers dispersés au milieu d'une masse des racines d'arbres en état de résistances. Les foyers et les réseaux mycéliens se déplacent dans l'espace et se succèdent dans le temps en fonction des contacts qu'ils réalisent avec des hôtes sen-

1. De nombreuses prospections dans ce but ont été effectuées dans des forêts de plateau et des forêts de montagne au Congo.

sibles en état de réceptivité, créant ainsi l'état d'endémicité; celui-ci est caractérisé par une faible agressivité et une haute dispersion.

L'état endémique en forêt est représenté symboliquement par le rapport parasite-plante hôte comme suit :

$$\frac{mc}{Mv R D} = \text{faible effet léthal}$$

où mc indique la petite masse radriculaire des arbres forestiers colonisés par *F. lignosus*,

Mv = la grande masse radriculaire des arbres forestiers,

R = la grande réaction des arbres à l'infection,

D = la grande distance parcourue par le réseau mycélien du champignon sur les différents « supports » avant d'atteindre les hôtes en état de réceptivité.

2. Pourridié après abattage de la forêt.

Il est évident que l'abattage trouble profondément la physiologie des arbres de haute fûtaie. Les souches qui en résultent meurent progressivement. Endéans les deux ans déjà 40 % des souches sont mortes et à la dixième année il n'y a plus que 2 % de survivantes (cfr fig. 1). Ce trouble physiologique sensibilise les racines des arbres à la colonisation par *F. lignosus*, comme le montre très clairement les données recueillies dans notre expérience (cfr tabl. IV); le phénomène est analogue à celui déjà décrit par LEACH (*op. cit.*) au Nyassaland à propos de l'*Armillaria mellea*.

Pour ce qui regarde la rapidité de la colonisation, on peut voir de la figure 1 (p. 24) que son accroissement maximal correspond à la période de dépérissement plus rapide des souches, c'est-à-dire entre la deuxième et la quatrième année après l'abattage. Le décalage d'un an entre les deux courbes du graphique est dû au fait que les sporophores apparaissent généralement un an en retard sur la colonisation.

Comme nous l'avons constaté en forêt, il y a des espèces forestières qui sont plus sensibles à *F. lignosus* (cfr tabl. V). STEYAERT [1948, 1949] avait déjà attiré l'attention sur ce fait et nos relevés confirment l'échelle de sensibilité établie par cet auteur. Les espèces à grande réceptivité sont : *Blighia welwitschii*, *Celtis mildbraedii*, *Panda oleosa*, *Polyalthia suaveolens*; les espèces réfractaire sont : *Erythrophloeum suaveolens* et *Cynometra hankei*.

Il résulte donc clairement de l'examen des données du tableau IV qu'à la suite de l'abattage, — en partant d'un faible potentiel d'infection initial *F. lignosus* parvient à envahir et coloniser en huit ans une portion importante de souches, — 15 % en nombre de plantes, et

20 % en surface terrière; ce même potentiel d'infection n'avait en forêt et sur des arbres sur pied qu'une action parasitaire limitée.

L'opération de l'abattage réduit donc ou annule la faculté des racines de réagir à l'infection, de telle façon qu'un petit inoculum à faible potentiel parasitaire parvient à pénétrer et à envahir des grandes masses radiculaires des souches. A l'abattage le rapport hôte-parasite prend donc la nouvelle valeur :

$$\frac{mc}{Mv r D} = \text{effet léthal élevé}$$

où la réduction ou perte de la capacité de réaction des racines à la pénétration de *F. lignosus*, à cause de l'abattage marque la fin de l'endémisme et le début de la période d'expansion des pourridiés aux dépens des souches (R devient r).

3. Pourridié en plantation d'hévéas.

Examinons tout d'abord l'évolution du pourridié en plantation (tabl. VI) en fonction de l'évolution du nombre de foyers d'infection de *F. lignosus*. Du graphique de la figure 2 nous pouvons conclure qu'en plantation, jusqu'à trois ans, le nombre d'hévéas qui meurent est minime, à peine 2 sur 120, et ce n'est qu'à partir de la deuxième année que les hévéas commencent à mourir de pourridié (courbe I.) Jusqu'à cet âge, le point de vue de NAPPER est donc valable; après abattage sans essouchement et avec recru forestier le taux d'infection reste peu élevé. Le nombre de foyers a un accroissement très léger dans ces trois premières années (courbe II), mais l'extension relativement grande du système racinaire des souches colonisées permet l'établissement des premiers contacts avec les hévéas, bien que ces derniers aient un système racinaire encore très réduit. Entre la troisième et la sixième année de plantation se prononce l'accroissement le plus élevé du nombre des foyers d'infection et des mortalités parmi les hévéas. Ceci est en désaccord avec la théorie de NAPPER, d'après laquelle les souches absorberaient la parasite en le détournant des hévéas. Dans notre cas, les souches absorbent bien le parasite, comme l'affirme NAPPER, mais pour lui servir de réserve énergétique dans lequel il puise de l'énergie pour se multiplier et exercer son activité parasitaire et léthale sur les hévéas.

Après la cinquième année de plantation, la mortalité annuelle des hévéas diminue brusquement, tandis que le nombre des nouveaux foyers, qui comprend naturellement les hévéas colonisés l'année précédente, reste très élevé. Ce fait montre, à notre avis, que les foyers de petite dimension, c'est-à-dire les nombreux hévéas colonisés, n'ont pas le même effet parasitaire que les foyers de grande dimensions,

c'est-à-dire les souches forestières. Nous estimons pourtant que le seul nombre de foyers ne suffit pas pour apprécier l'évolution du pourridié dans un peuplement, mais qu'il est nécessaire de lui adjoindre une mesure de grandeur. Examinons en conséquence les foyers d'infection évalués par leur surface terrière et les hévéas morts évalués par leur

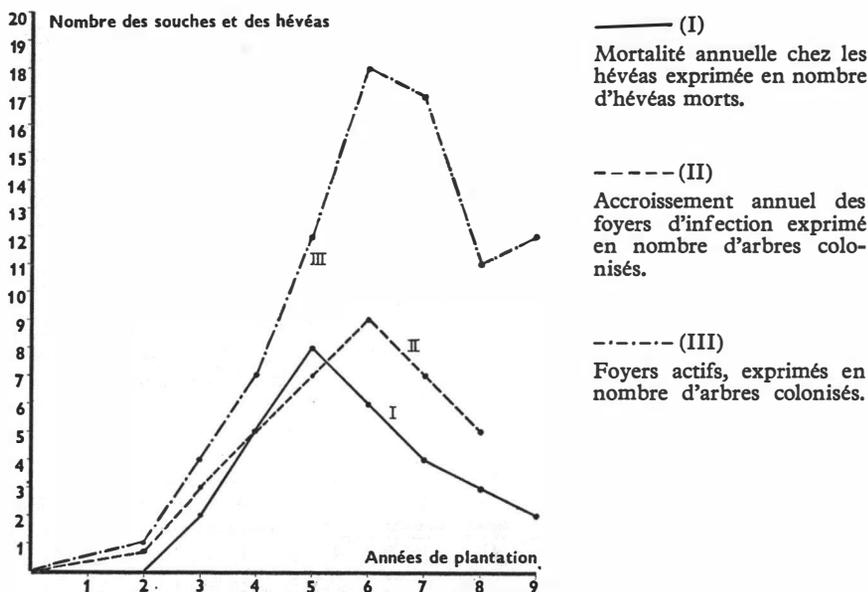


Fig. 2. — Évolution de la colonisation des souches forestières et des hévéas par *Fomes lignosus* et mortalité annuelle due à *F. lignosus* chez les hévéas.
 « Essai Fomes » de la Division Hévéa, Bloc A.

nombre et par leur surface terrière ¹ (fig. 3, p. 38). Notons d'abord que l'allure générale de deux courbes, qui représentent en surface terrière d'une part, l'accroissement des foyers (courbe II) et d'autre part, l'accroissement de la mortalité chez les hévéas (courbe III) sont assez semblables. Ces courbes atteignent, en effet, assez rapidement leur valeurs maximales à la cinquième et sixième année et elles descendent ensuite beaucoup plus lentement. De ce premier examen sommaire, il résulte donc déjà une relation directe entre l'accroissement des dimen-

1. Comme nous avons indiqué plus haut, la surface terrière est une mesure de surface, mais nous l'avons prise comme *indice* de la grandeur de la masse racinaire des plantes à l'étude, ne pouvant pas mesurer celle-ci directement.

sions des foyers d'infection et l'accroissement de la mortalité des hêvéas exprimée en surface terrière¹. Examinons maintenant en détail le phénomène sur l'ensemble des courbes. Jusqu'à la quatrième année de plantation, les écarts entre les accroissement des foyers en mètres carrés (courbe II) et les accroissement de la mortalité des hêvéas exprimée en nombre (courbe I) et en surface terrière (courbe III) sont

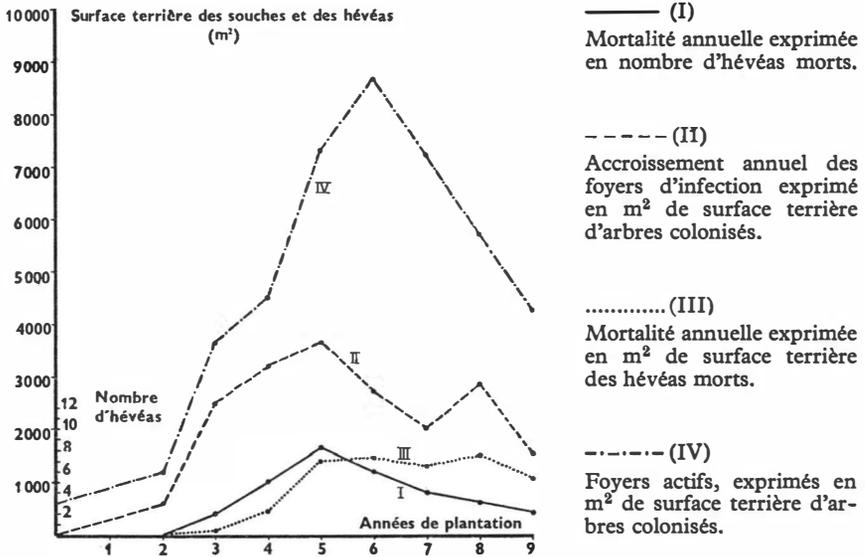


Fig. 3. — Évolution de la colonisation des souches forestières et des hêvéas par *Fomes lignosus* et mortalité annuelle due à *F. lignosus* chez les hêvéas.
« Essai Fomes » de la Division Hêvéa, Bloc A

élevés. Ce fait est expliqué de la façon suivante : jusqu'à la troisième année une petite fraction seulement de la masse des foyers actifs, c'est-à-dire les souches colonisées (courbe IV), a établi des contacts avec les jeunes hêvéas. Par conséquent, le nombre des morts est encore restreint. D'autre part, la somme des surfaces terrières de ces individus est aussi

1. Il faut remarquer que dans les graphiques il y a une coïncidence dans le temps entre l'augmentation de l'inoculum et l'augmentation de la mortalité chez les hêvéas, tandis qu'en réalité il y a une succession entre le premier et le deuxième phénomène. En effet, il est nécessaire que la colonisation des souches soit faite ou soit déjà à une phase très avancée avant que le parasite n'ait pu puiser l'énergie nécessaire pour infecter complètement les hêvéas et pour provoquer leur mort. Cette coïncidence dans notre cas est due aux méthodes d'observations, qui sont basées sur la détermination de la colonisation à la suite de l'apparition des sporophores. Ces derniers apparaissent sur les souches lorsque celles-ci sont fortement colonisées, époque qui correspond bien à la mort des hêvéas infectés par ces mêmes souches.

très réduite. De la troisième à la quatrième année les contacts augmentent par l'expansion massive des foyers d'infection et aussitôt les mortalités triple d'une année à l'autre, mais leur masse radriculaire est encore trop petite pour que la surface terrière des individus morts puisse avoir une importance.

A la cinquième année l'accroissement des foyers s'élève encore, mais il atteint son maximum ; toutefois l'écart entre cette valeur et les valeurs de l'accroissement de la mortalité des hêvéas en nombre et en surface terrière commence à se réduire. Ceci montre un meilleur rendement des foyers, qui est attribuable aux moindres dépenses énergétiques du parasite dans la croissance de ses rhizomorphes pour atteindre les hôtes. En effet, l'extension du système radriculaire des hêvéas, à la suite de leur rapide croissance (figure 4), multiplie les points de contact direct entre

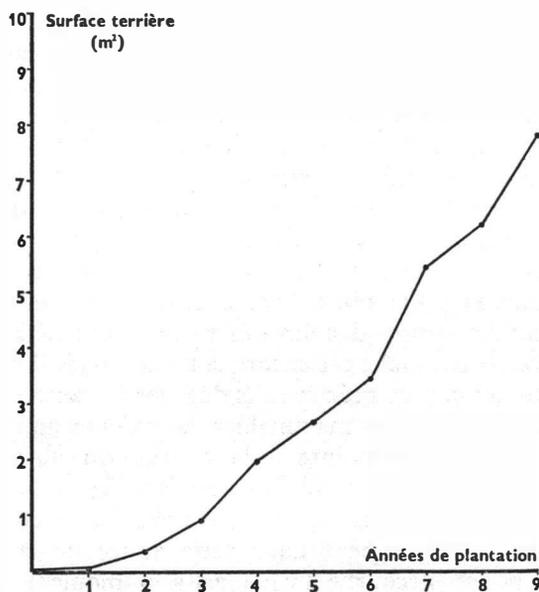


Fig. 4. — Évolution de l'occupation des hêvéas exprimée en mètres carrés de surface terrière dans la parcelle moyenne de 2.500 m².

ces derniers et les souches colonisées et il réduit en conséquence la distance à parcourir par le champignon entre les foyers et les nouveaux hôtes. A la cinquième année il y a l'effet léthal le plus élevé (courbe I), huit nouveaux cas de mort, point culminant, dans notre cas, de l'expansion épidémique du mal. Ce moment d'expansion épidémique maximale du pourridié est caractérisée par une masse des foyers de loin supérieure

à la masse radicaire des hêvéas avec qui les foyers établissent les contacts. Ainsi le rapport hôte-parasite pourra être représenté de la manière suivante :

$$\frac{Mc}{mv R d} = \text{effet léthal élevé}$$

où Mc = la grande masse radicaire colonisée par *F. lignosus* par rapport à la petite masse radicaire des jeunes plantes mv , qui établissent les contacts avec cette même masse de foyers,

R = la grande réaction de ces plantes à l'infection,

d = la petite distance parcourue par le réseau mycélien du champignon sur les différents « supports » avant d'atteindre les hôtes en état de réceptivité.

A la sixième année l'accroissement des foyers s'est réduit brusquement. Le nombre des souches forestières colonisées diminue et les hêvéas colonisés, bien que nombreux, sont encore d'une taille modeste. La masse des hêvéas morts continue néanmoins à s'accroître. Cet accroissement de parasitisme, malgré que la formation de nouveaux foyers commence à être moins abondante, s'explique par la conservation d'une partie des foyers des années antérieures, qui ne s'épuisent pas complètement au cours de l'année de leur formation, et auxquels s'ajoutent les foyers formés ultérieurement. Ainsi que dit plus haut, nous avons appelé cette somme des foyers, les *foyers actifs* qui comprennent les souches et les hêvéas colonisés, mais à bois encore compacts (figure 3, courbe IV). On obtient ainsi une estimation en excès des foyers actifs, car les parties distales des racines sont déjà désagrégées, alors que le pied de la souche est encore compact, mais il est impossible d'avoir une estimation plus précise sans dégager les souches. Les foyers actifs atteignent leur valeur maximale à la sixième année, époque à laquelle il y a aussi une pointe à la courbe du nombre d'hêvéas morts, également exprimée en surface terrière (figure 3, courbe III). Le nombre des hêvéas morts (figure 3, courbe I), au contraire, commence à diminuer précisément dans cette année de la plus grande valeur des foyers actifs (courbe IV); mais à ce moment on enregistre déjà un net fléchissement dans la formation des nouveaux foyers, comme nous venons de voir (courbe II). Pour que la mortalité puisse maintenir sa progression numérique au delà de la sixième année, il aurait fallu que l'accroissement annuel des foyers d'infection soit au moins aussi important que l'accroissement de la masse du système radicaire des hêvéas; au contraire, celui-ci commence à fléchir au moment où l'accroissement des hêvéas se fait particulièrement important. La figure 4 dévoile, en effet, qu'entre la sixième et la septième année il y a le plus fort accroissement de la surface terrière des hêvéas. Cet accroissement fait logiquement suite à un développement radicaire particulièrement important au cours de l'année précédente, époque à laquelle nous assistons juste-

ment au phénomène susdécrit, qui est caractérisé par l'inversion de la courbe de mortalités chez les hévées (figure 3, courbe I).

Au cours des années suivantes les mortalités d'hévées continuent à se réduire, tandis que la valeur de la surface terrière de ces hévées morts tend à se stabiliser en relation directe avec les valeurs de l'accroissement des foyers d'infection, toujours mesuré en surface terrière. L'existence d'une telle relation directe entre l'accroissement de la masse des foyers (figure 3, courbe II) et l'accroissement de la masse des hévées morts (courbe III) est mise en évidence dans la figure 3 à partir de la sixième année de plantation, lorsque il n'y a plus d'interférence de la discontinuité entre hôtes et parasite depuis que les contacts se sont généralisés. La même figure montre, qu'au contraire, qu'il n'y a pas concordance entre l'évolution de la masse des nouveaux foyers (courbe II) et l'évolution du nombre de plants morts (courbe I), car ce dernier décroît beaucoup plus rapidement.

Si on compare encore la courbe IV, qui représente les foyers actifs, et la courbe I, qui représente le nombre des hévées morts, on note que le contraste est encore plus évident. En effet, à la sixième année les foyers actifs augmentent encore, tandis que le nombre d'hévées morts désormais diminue, et à la septième année, où les foyers actifs ont à peu près la même valeur en surface terrière qu'ils avaient à la cinquième année ($0,73 \text{ m}^2$), le nombre d'hévées morts n'est plus que de 4, c'est-à-dire la moitié qu'il était à la cinquième année¹.

De l'étude des courbes II et IV il est donc possible de saisir l'existence d'une relation entre la masse des foyers et la masse des hévées tués et non entre la masse des foyers et le nombre des hévées tués. L'existence d'une telle relation nous amène à conclure que l'effet léthal exprimé en nombre d'arbres tués n'est pas conditionné par la valeur absolue de masse des foyers, mais par le rapport entre cette masse et la masse radiculaire des hévées hôtes; en effet, à *parité de masse infectieuse*, le nombre d'hévées tués diminue avec l'accroissement des hévées hôtes. D'autre part, s'il existe une relation, comme on a vu, entre la masse des foyers d'infection et la masse d'arbres que cette masse peut tuer, il est logique que le nombre d'arbres tués par la même masse infectieuse doit diminuer avec l'accroissement de la masse radiculaire des hévées hôtes.

L'action léthale d'une masse donnée de foyers d'infection dépend donc aussi de la masse des hôtes avec lesquels le parasite établit des

1. En examinant la courbe IV des foyers actifs, il faut cependant retenir que ceux-ci sont surestimés par la méthode d'observation utilisée, qui consistait à évaluer l'activité des foyers d'après la consistance du bois seulement à la base de la souche et non sur toute la longueur des racines latérales. La courbe des *foyers actifs réels* doit donc être plus aplatie et se situer dans une zone comprise entre la courbe IV des foyers actifs surestimés et la courbe II des nouveaux foyers, le sommet de la courbe se situant toutefois à la sixième année.

contacts. Dans le cas de la plantation étudiée, étant donné que la masse racinaire des hévéas est sensiblement égale dans les différentes parcelles, — 120 plants au départ dans chaque parcelle de 2.500 m², — l'effet léthal cumulé pendant neuf ans dans chaque parcelle a été essentiellement conditionné par la masse des foyers, comme l'indique clairement les tableaux XI et XII et la figure 5. De ces tableaux il ressort en effet que pour chaque parcelle et pour la période de neuf ans considérée, à l'échelle des valeurs cumulées des foyers correspond sensiblement l'échelle cumulée de l'effet léthal sur les hévéas, en nombre de plants et en surface terrière. Mais si nous examinons, pour l'ensemble des neuf parcelles, l'effet léthal dans le temps au cours duquel la masse des hôtes (les hévéas) change, elle augmente d'année en année, l'effet léthal ne semble plus conditionné par la masse des foyers (figure 6, tableau VII). Il apparaît dans ce graphique que les valeurs moyennes des neuf parcelles pour chaque année se disposent en forme cyclique dans le plan XY. L'effet léthal en effet s'accroît avec les foyers jusqu'à la cinquième année, mais se réduit ensuite brusquement, bien que les foyers continuent à s'accroître. Ce brusque tournant à la sixième année, lorsque pourtant la variable foyers atteint sa valeur maximale, exprime d'après nous, le moment critique dans l'expansion épidémique du mal, où l'accroissement de la masse des foyers est désormais contrebalancé par l'accroissement bien supérieur de la masse racinaire des hévéas hôtes. Nous estimons, en conséquence, que l'effet léthal dû à *Fomes lignosus* n'est pas simplement conditionné par la masse des foyers, mais par le rapport entre la masse des foyers et la masse des hôtes.

En outre, il faut préciser que la masse racinaire des plantes hôtes n'agit pas à l'égard du parasite seulement que par sa taille, mais bien par la synthèse de ce dernier facteur et des facteurs biologiques fungistatiques et anti-parasitaires qui varient en fonction de l'hôte, c'est-à-dire de sa nature spécifique, de son état physiologique et des conditions écologiques dans lesquelles il se trouve. L'agressivité du pourridié sera d'autre part conditionnée par sa masse, qui doit être suffisante à fournir l'énergie pour contrebalancer avec succès la synthèse des facteurs énoncés ci-dessus, pour lui permettre de pénétrer ainsi à l'intérieur du ou des hôtes et d'en coloniser une fraction suffisamment grande. Cette fraction de nouvel hôte colonisé doit en effet lui fournir l'énergie nécessaire à la continuation du processus infectieux jusqu'à la mort de l'hôte, en postulant qu'entre temps le foyer initial s'est épuisé.

Les faits exposés expliquent en outre l'effet léthal modéré dans les formations sylvestre adultes, même aux endroits de concentration des foyers. Dans ces sites, en effet, les foyers établissent des contacts avec un grand nombre d'individus simultanément, comme nous avons pu le constater nous même et comme d'autres chercheurs l'ont déjà signalé [PICHEL, 1956; CHEVAUGEON, 1959].

TABLEAU XI

Parcelles (n°)	Foyers cumulés Surface terrière de toutes les souches et de tous les hévéas colonisés par <i>Fomes lignosus</i> (m²)	Effet léthal ou mortalité cumulée Hévéas tués par <i>Fomes lignosus</i> Surface terrière (m²)		
	X	Y		
9	3,34	1,33		
3	2,58	0,89		
5	2,46	0,90		
10	2,03	0,68		
2	1,94	0,66		
6	1,78	0,68		
8	1,32	0,55		
4	1,13	0,39		
1	1,09	0,57		
	SX = 17,67 M = 1,9625 Sx² = 4,4318	SY = 6,65 M = 0,7396 Sy² = 0,59		
Sources de variation		Somme des carrés	D.L.	Carré moyen
1. Variation due à la régression (Sxy)²/Sx²		0,55	1	0,55
2. Déviation depuis la régression Sy² - (Sxy)²/Sx²		0,04	7	0,0057
3. Variation totale des Y : Sy² . . .		0,59	8	
$F = \frac{0,55}{0,0057} = 96,5$		**	F 0,01 = 12,25	

TABLEAU XII

Parcelles (n°)	Foyers cumulés Surface terrière de toutes les souches et de tous les hêvéas colonisés par <i>Fomes lignosus</i> (m²)	Effet léthal ou mortalité cumulée Hêvéas tués par <i>Fomes lignosus</i> (nombre)		
	X	Y		
9	3,34	51		
3	2,58	32		
5	2,46	41		
10	2,03	32		
2	1,94	29		
6	1,78	24		
8	1,32	19		
4	1,13	16		
1	1,09	17		
	SX = 17,67 M = 1,9625 Sx² = 4,4318	SY = 261 M = 29 Sy² = 1084		
		Somme des carrés	D.L.	Carré moyen
1. Variation due à la régression (Sxy)²/Sx²		1012	1	1012
2. Déviation depuis la régression Sy² - (Sxy)²/Sx²		72	7	10
3. Variation totale des Y : Sy² . . .		1084	8	
$F = \frac{1012}{10} = 101,2^{**} \quad F_{0,01} = 12,25$ $\hat{Y} = a + bX$ $a = \bar{Y} - b\bar{X} = 29 - 0,1511 \cdot 1,96 = -0,62$ $b = \frac{S_{xy}}{S_{x^2}} = \frac{6696}{44318} = 0,1511$ $\hat{Y} = -0,62 + 0,15 X$				

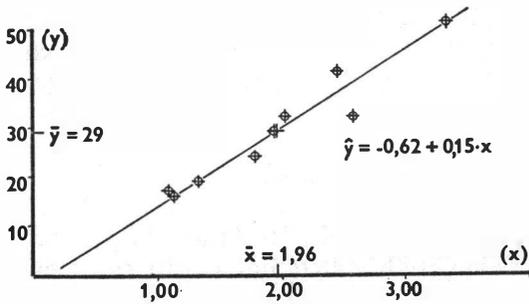


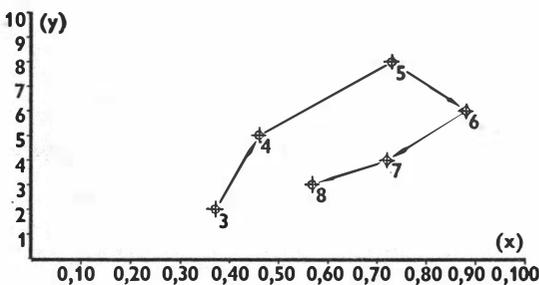
Fig. 5.

(x) = foyers cumulés : total, pour chacune des 9 parcelles des surfaces terrières des souches et hêvéas colonisés par *F. lignosus* et pour une période de 9 ans.

(y) = effet léthal ou mortalité cumulée : hêvéas tués par *F. lignosus* dans chacune des 9 parcelles et dans la même période de temps.

L'agressivité du champignon, étant fonction de l'importance des foyers, sera limitée par cette importance, tandis que d'autre part elle devra surmonter des résistances tant multiples que diverses et vigoureuses, représentées par la grande importance et la grande diversité de la masse radiculaire vivante. Le pourridié est dans ces conditions réduit à l'épiphytisme; épiphytisme qui peut néanmoins garder une certaine vigueur (parcourt de grandes distances par les rhizomorphes) et qui est entretenue en colonisant des racines et d'occasionnels débris végétaux. Ce n'est alors qu'à la faveur d'une plante ligneuse en état de décrépitude ou de haute sensibilité que le pourridié pourra acquérir un regain d'énergie; regain qui sera à la mesure de la taille de l'hôte et de sa sensibilité.

Nos observations dans cette étude portent jusqu'à la neuvième année d'âge d'une plantation. A cet âge la mortalité par *F. lignosus* tombe au-dessous de 2 %. Toutefois, d'après les observations systématiques effectuées par PICHEL [1956] dans d'autres champs expérimentaux, il résulte que le taux de mortalité, qui se réduit encore dans



(x) = foyers actifs d'infection : m² de surface terrière des souches et hêvéas colonisés par *F. lignosus*.

(y) = effet léthal ou mortalité annuelle : hêvéas tués par *F. lignosus*.

◇ = valeurs moyennes des 9 parcelles pour chaque année.

Fig. 6.

les années ultérieures, ne présente plus un danger pour la plantation. Le pourridié est ainsi reconduit à un *état endémique* analogue à celui des formations sylvestres naturelles caractérisées par le rapport parasite-hôte déjà énoncé :

$$\frac{mc}{Mv R D} = \text{faible effet léthal}$$

On pourrait objecter que l'interprétation de l'évolution du pourridié à *Fomes lignosus* dans la plantation étudiée a été limitée aux considérations sur les actions-réactions du parasite et des hôtes et qu'on n'a nullement tenu compte des interactions éventuelles de la microflore du sol. Au contraire, des tests *in vitro* sur l'action antibiotique de différentes souches de *Trichoderma viride* sur *Fomes lignosus* ont été conduits, dès 1952, en collaboration avec M. J. MEYER, ancien chef du laboratoire de Microbiologie de l'I.N.É.A.C., à Yangambi. Les différentes souches de *T. viride* isolés des sols de Yangambi n'ont manifesté aucune activités antibiotiques sur *F. lignosus*¹.

Pour ce qui concerne l'évolution de la mycoflore dans une plantation d'hévéas, à Yangambi on n'a pas relevé des changements très marqués, qui pourraient être mis en relation avec le brusque tournant qu'on vient d'examiner dans le développement épidémique de *Fomes lignosus* vers la sixième année de plantation. En effet, dans une plantation d'hévéas avec recru forestier s'établit, dès les premières années, une mycocoenose en équilibre, qui tient aussi des relicttes forestiers que des terres de cultures, et qui ne manifeste plus des changements particuliers au cours des années ultérieures [MEYER, 1963].

1. Rapport de la Division de Phytopathologie et d'Entomologie agricole 1953.

CONCLUSIONS

Le schéma de la page 48 résume le cycle du *Fomes lignosus* dans une plantation d'hévéas établie immédiatement après l'abattage de la forêt.

L'évolution du pourridié y est représentée en fonction de l'évolution du rapport entre des facteurs inhérents au parasite et d'autres inhérents à l'hôte, que nous considérons être déterminants dans les conditions du milieu décrit. Ces facteurs sont : la masse de foyers d'infection, la masse raculaire de l'hôte, — qui établit le contact avec les foyers, — la réaction biologique de l'hôte envers le parasite et la distance entre le parasite et l'hôte.

Les observations indiquent que dans le cas étudié il y a une relation directe entre la colonisation des souches forestières par *Fomes lignosus* et la mortalité des hévéas. Ceci confirme donc ce qu'ont énoncé PETCH, DE JONG, STEYAERT et PICHEL, mais se trouve en contradiction avec l'hypothèse de NAPPER, comme quoi les souches constitueraient des obstacles solides à la propagation de *F. lignosus* sur les hévéas.

L'importance de la masse ligneuse colonisée par le parasite est donc confirmée, elle représente les foyers d'infection pour le développement du pourridié dans la plantation. Toutefois cette masse ligneuse, constituant les foyers, ne doit pas être acceptée dans sa valeur absolue mais au contraire dans sa valeur relative, c'est-à-dire en fonction du rapport existant entre cette masse ligneuse et la masse des racines vivantes qui entrent en son contact. Ce rapport est encore affecté par la réaction biologique de l'hôte et par la distance qui sépare l'hôte du parasite.

CYCLE DU POURRIDIE A FOMES LIGNOSUS DANS UNE PLANTATION D'HEVEAS

FORÊT

Endémisme (I)

Pourridié à l'état latent ou faiblement parasite du fait de la présence d'une petite masse radiculaire colonisée (mc) par rapport à :

$\frac{mc}{Mv R D} \longrightarrow$

une grande masse radiculaire vivante (Mv) des arbres de la forêt, doués d'une forte réaction à l'infection (R)

ABATTAGE DE LA FORÊT

Rupture de l'endémisme (IIa)

Progression ou réalisation de l'infection des souches par l'action d'une petite masse radiculaire colonisée (mc) par rapport à :

$\frac{mc}{Mv r D} \longrightarrow$

une grande masse radiculaire vivante (Mv), mais faible réaction à l'infection (r) des souches des arbres abattus

Expansion du pourridié (IIb)

Colonisation des souches (Mv)

$mc \longrightarrow (Mv) \longrightarrow Mc$

à partir d'une petite masse radiculaire colonisée (mc)

PLANTATION ADULTE

Novel endémisme (V)

Pourridié à l'état latent ou faiblement parasite du fait de la présence d'une petite masse radiculaire colonisée (mc) par rapport à :

$\frac{mc}{Mv R D} \longleftarrow$

une grande masse radiculaire vivante (Mv) des plantes adultes, douées d'une forte réaction à l'infection (R)

JEUNE PLANTATION

Epidémisme (III)

Réalisation de l'infection sur jeunes hévéas par l'action d'une grande masse radiculaire des souches colonisée (Mc) par rapport à :

$\frac{Mc}{mv R d} \longleftarrow$

une petite masse radiculaire vivante (mv) des jeunes plantes, bien que douées d'une grande réaction à l'infection (R)

Régression du pourridié (IV)

Colonisation des jeunes plantes (mv)

$mc \longleftarrow (mv) \longleftarrow Mc$

à partir d'une grande masse radiculaire colonisée (Mc)

mc < Mc : masse radiculaire colonisée par *Fomes lignosus*, ou foyers d'infection.
 mv < Mv : masse radiculaire vivante des hôtes, qui est en contact avec mc ou Mc.
 r < R : réaction des plantes-hôtes à l'infection.
 d < D : distance entre les foyers et l'hôte le plus éloigné.

RÉSUMÉ

L'auteur observe et suit jusqu'à la neuvième année la colonisation des souches forestières par *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES. et la mortalité des plants de *Hevea brasiliensis* qui en résulte pour une plantation établie en forêt abattue. Il confirme l'importance de la masse ligneuse colonisée par le champignon, c'est-à-dire les foyers d'infection, en principal les souches forestières, sur le développement du pourridié dans la plantation et sur l'effet léthal qui en découle : 25 % des sujets morts en neuf ans. L'auteur cependant considère que l'effet léthal sur l'hôte n'est pas uniquement déterminé par la valeur absolue de la masse des foyers d'infection, mais bien par le rapport entre la masse des foyers d'une part et, d'autre part, la masse raculaire des hôtes, la réaction vitale de ceux-ci et la distance qui sépare le parasite des hôtes. Ce rapport est exprimé par la formule empirique suivante :

$$\frac{Mc}{Mv R D}$$

où Mc = masse raculaire colonisée par *Fomes lignosus*, ou foyers d'infection;

Mv = masse raculaire vivante des hôtes, qui est en contact avec Mc ;

R = réaction des plantes-hôtes à l'infection;

D = distance entre les foyers et l'hôte le plus éloigné.

Ainsi lorsque les réactions de la plante tendent à s'annuler (R tend vers zéro), c'est-à-dire que R devient r dans la formule empirique (cas des arbres abattus ou souches), une masse colonisée relativement petite (mc) a un effet léthal sur des grandes masses raculaires (Mv). Au contraire, lorsque la réaction de la plante est très forte (R) (cas des hévéas vivants et vigoureux), la masse colonisée nécessaire pour avoir un effet léthal doit être relativement grande (Mc), même si les hôtes sont de taille modeste (mv) (cas des hévéas dans une jeune plantation). La réduction progressive de l'effet léthal qui apparait après la cinquième année (exprimé en nombre d'hévéas morts), bien que la masse colonisée reste élevée en valeur absolue, s'explique par l'accroissement progressif de la masse raculaire des hévéas.

L'auteur exprime le cycle du pourridié dans la plantation étudiée à l'aide du schéma qui comprend les phases suivantes :

- I. Phase endémique avant l'abattage.
- II. Expansion du pourridié aux dépens des souches forestières.
- III. Phase d'expansion épidémique dans la jeune plantation.
- IV. Régression du pourridié due, d'une part, à la désagrégation des souches forestières et, d'autre part, à l'augmentation importante de la masse racinaire des hévéas, celle-ci contrabalançant la masse des nouveaux foyers actifs représentés par les hévéas colonisés.
- V. Nouvelle phase endémique dans la plantation d'hévéas adultes.

SUMMARY

The Author studies and follows up to the ninth year, the colonization by *Fomes lignosus* (KLOTZSCH) BRES. of the forest stumps, and the consequent mortality of a *Hevea brasiliensis* plantation established in a cleared forest.

He confirms the importance of the wood mass colonized by the fungus i.e. the infection foci, chiefly the forest stumps, with respect to the root-rot development in the plantation, and to the consequent mortality following from it; dead trees: 25 % in 9 years! Nevertheless, the Author thinks that host plant mortality is not due exclusively to the absolute value of infection foci mass but to the ratio between the infection foci mass, on one side, and the host plants root mass, the plants' vital reaction and the distance between parasite and host plants on the other side. The above ratio can be expressed by the empirical formula :

$$\frac{Mc}{Mv R D}$$

Mc = Root mass colonized by *Fomes lignosus*, or infection foci;

Mv = Living root mass of the host plants, in contact with Mc;

R = Host plants reaction against infection;

D = Distance between infection foci and the most remote host plant.

When plant reactions tend to decrease (R comes nearer to nought), i.e. R becomes r in the empirical formula (in the case of felled trees or stumps) a relatively small colonized mass (mc) has a deadly effect on the large root masses (Mv). On the contrary, when plant reaction is very strong (R), (in the case of living and vigorous *Heveas*) the colonized mass must be comparatively large (Mc) to be conqueringly aggressive, even when only moderate-sized host plants are involved (mv) (in the case of *Heveas* in a young plantation).

The explanation of the evident progressive regression in deadly effect, after 5 years (number of dead *Heveas* plants) in spite of the high value (absolute) of the colonized mass, can be found in the progressive development of the *Hevea* root mass.

The Author in the accompanying Table summarizes the root-rot cycle in the plantation. The phases are the following:

- I. Endemic phase before clearing.
- II. Root-rot development on the forest stumps.
- III. Development of the epidemic phase in the young plantation.
- IV. Root-rot regression resulting on one side from the disintegration of forest stumps and on the other side from an important increase of *Hevea* root mass, the latter counter-balancing the new infection foci active mass represented by colonized *Hevea* trees.
- V. Reinstatement of endemic phase in the mature *Hevea* plantation.

CYCLE OF FOMES LIGNOSUS ROOT-ROT IN A HEVEA PLANTATION

FOREST

Endemic phase (I)

F. lignosus in latency, or weakly parasitic, due to the existence of a small mass of colonized roots in relation to

$$\frac{mc}{Mv R D} \longrightarrow$$

Cessation of endemic phase (IIa)

Effectuation and development of infection of the stumps due to the action of a small mass of colonized roots in relation to

$$\frac{mc}{Mv r D} \longrightarrow$$

Expansion of F. lignosus (IIb)

Colonization of the stumps (Mv)

$$mc \longrightarrow (Mv) \longrightarrow Mc \longrightarrow$$

a large mass of active roots (Mv) of the forest trees reacting strongly against infection (R) against infection (r) a large mass of roots (Mv) remaining alive on stumps but reacting weakly against infection (r) starting from a small mass of colonized roots (mc)

MATURE PLANTATION

Reinstatement of endemicism (V)

F. lignosus in latency, or weakly parasitic, due to a small mass of colonized roots (mc) in relation to

$$\frac{mc}{Mv R D} \longleftarrow$$

Regression of root-rot (IV)

Colonization of young trees (mv)

$$mc \longleftarrow (mv) \longleftarrow Mc \longleftarrow$$

YOUNG PLANTATION

Epidemicism (III)

Effectuation of infection of young heveas by the action of a large mass of colonized roots (Mc) on the stumps in relation to

$$\frac{Mc}{mv R d} \longleftarrow$$

a large mass of active roots (Mv) of mature trees reacting strongly against infection (R) starting from a large mass of colonized roots (Mc) a small mass of active roots (mv) on young trees but reacting strongly against infection (R)

mc < Mc : Mass of roots colonized by *Fomes lignosus* = infection foci.
 mv < Mv : Mass of active roots of the prospective host plants, in contact with mc or Mc.
 r < R : Reaction of host plants against infection.
 d < D : Distance between infection foci and remotest host plants.

BIBLIOGRAPHIE

1959. CHEVAUGEON, J., Le problème des pourridiés en Côte d'Ivoire. *Rev. Mycol.*, XXIV, 1, pp. 39-58.
1956. GARRETT, S.D., Biology of Root-infecting fungi. Cambridge University Press.
1956. GARRETT, S.D., Rhizomorph behaviour in *Armillaria mellea* (VAHL.) QUÉL. II. Logistic of infection, *Ann. Bot. Lond.*, N.S. XX, 78, pp. 193-209.
1957. GIBSON, I.A.S., Armillaria root rot. Rep. Dep. Kenya, 1954-1955, p. 20.
1933. DE JONG, W.H., Het parasitisme van *Rigidoporus microporus* (SWARTZ) VAN OVEREEM, Syn. : *Fomes lignosus* KLOTZSCH, bij *Hevea brasiliensis*. *Arch. Rubbercult. Ned. Ind.* XVII, pp. 83-104.
1939. LEACH, R., Biological control ecology of *Armillaria mellea* (VAHL.) FR., *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, XXIII, pp. 320-29.
1954. LEBRUN, J. et GILBERT, G., Une classification écologique des forêts du Congo. Publ. I.N.E.A.C., Série scient., n° 63.
1963. MEYER, J.A., Écologie et sociologie des microchampignons du sol de la Cuvette centrale congolaise, Publ. I.N.E.A.C., Série scient., n° 101.
1932. NAPPER, R.P.N., Observations on the root disease of rubber trees caused by *Fomes lignosus*, *Jl Rubb. Res. Inst. Malaya*, IV, pp. 5-33.
1921. PETCH, T., The diseases and pests of the Rubber Tree, Macmillan and Co, London.
1928. PETCH, T., The parasitism of tea root disease fungi, *Tea Quart.* I, pp. 10-15.
1951. PICHEL, R., Premiers résultats en matière de sélection précoce chez l'hévéa. Publ. I.N.E.A.C., Série techn., n° 39.
1956. PICHEL, R.J. et MAERTENS, C., Les pourridiés de l'hévéa dans la Cuvette congolaise. Publ. I.N.E.A.C., Série techn., n° 49.
1936. SHARPLES, A., Diseases and pests of the Rubber Tree. Macmillan and Co, London.
1948. STEYAERT, R.L., *Rigidoporus microporus* (Sw.) V.O. in Contribution à l'étude des parasites des végétaux du Congo Belge, *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, LXXX, 1-2, p. 28.
1949. STEYAERT, R.L., Le problème des pourridiés dans les cultures arbustives tropicales et sa portée sur les techniques d'ouverture des plantations, C.R. Conf. Afric. Sols, Goma 1948, *Bull. agric. Congo belge*, XL, 2, pp. 1651-78.
1950. STEYAERT, R.L., Le problème des pourridiés dans les plantations arbustives tropicales. *Bull. Comptoir Cafés Congo*, n°s 40 à 44, avril à août 1950.
1929. STANER, P., Cryptogamic diseases of some economic plants in the Belgian Congo. Pan-African Agr. Conf., Pretoria, p. 226.
1931. STANER, P., Quelques maladies de l'Hévéa, *Bull. agric. du Congo belge*, XXI, 3, p. 640.
1941. STANER, P., Les maladies de l'Hévéa au Congo belge, *Mém. Inst. Roy. Col. belge*, Sect. Sci. nat. méd., coll. in-8°; XI, 6.
1960. VAN VLOTEN, H., Present and potential significance of root rots in intensive forest management. Relation Cinquième Congrès Forestier Mondial, Seattle, U.S.A.
1947. WAGEMANS, J., Rapport de la Division forestière de l'I.N.E.A.C. à Yangambi (non publié).

PRIX : 60 F

Des presses des Éts WELLENS-PAY s.a.
35, rue de Ruysbroeck, Bruxelles I.