

## Résumé

Les travaux réalisés par le Centre d'appui technique à l'hévéaculture du Gabon sur le problème de la pourriture des racines de l'hévéa due à l'armillaire concernent : l'identification et la connaissance du pathogène, l'évaluation de la gravité de la maladie, l'expérimentation de méthodes de lutte. Une étude bibliographique, en relation avec les observations réalisées à Mitzic, montre l'influence de certaines techniques de préparation de terrain sur la gravité de la maladie. Les antagonismes entre les microorganismes du sol apparaissent comme un phénomène intéressant à étudier car susceptibles d'être utilisés dans la lutte contre cette maladie. Des méthodes de lutte et de nouvelles orientations de recherche sont proposées.

## Abstract

Work at the Centre d'appui technique à l'hévéaculture in Gabon on the problem of Hevea root rot caused by *Armillaria* has included: identifying the pathogen and acquiring further knowledge about it, assessment of disease severity, and testing ways of controlling the pathogen. A biographical study in relation to observations carried out at Mitzic revealed the effect of certain land preparation techniques on disease severity. Antagonism between micro-organisms in the soil seems to be a subject worth investigating, as it might be possible to use it to control this disease. Control methods and new lines of research are proposed.

## Resumen

Los trabajos realizados por el Centre d'appui technique à l'hévéaculture del Gabón sobre el problema del mal blanco de las raíces del hevea causado por la armilaria abarcan: la identificación y el conocimiento del patógeno, la evaluación de la gravedad de la enfermedad, la experimentación de métodos de control. Un estudio bibliográfico relacionado con las observaciones realizadas en Mitzic muestra la influencia de ciertas técnicas de preparación de terreno en la gravedad de la enfermedad. Los antagonismos entre los microorganismos del suelo aparecen como un fenómeno interesante por estudiar puesto que susceptibles de ser utilizados en el control de esta enfermedad. Se proponen métodos de control y nuevas orientaciones de investigación.

# Armillaria spp., pourridié de l'hévéa en Afrique centrale : le cas du Gabon

Guyot J.

Centre d'appui technique à l'hévéaculture, BP 643, Libreville, Gabon

L'armillaire est un champignon qui s'attaque au système racinaire des végétaux ligneux. A ce titre, c'est un pourridié de l'hévéa, dont il infecte et détruit les racines latérales et le pivot.

## Le parasite

### Symptômes - Etiologie

Lorsque la destruction du système racinaire atteint un stade avancé, le feuillage de l'arbre jaunit, prend une teinte rouge-cuivré avant de se flétrir et tomber. Puis les branches meurent progressivement en se desséchant de la périphérie de la couronne vers sa base. Au préalable, lors du creusement de cuvettes de détection, les symptômes racinaires peuvent présenter deux faciès.

#### Attaque avec écoulement de latex

Le dégagement du pied des arbres met à jour des masses de caoutchouc entourant les racines. Elles forment le plus souvent un manchon continu élastique, noir et irrégulier autour des racines malades (photo 1). La face interne du manchon est constituée d'un amalgame brunâtre d'écorce pourrie, de caoutchouc et de mycélium apparaissant sous forme de multiples taches blanches. En arrière de cette masse, l'écorce est nécrosée, grise et sèche avec des fendillements longitudinaux.

#### Attaque sans écoulement de latex

La première manifestation de l'attaque est l'aspect gris et sec de l'épiderme cortical.

Un grattage très superficiel fait apparaître des taches noires dues à la nécrose des premières assises subéreuses péridermiques. Plus profondément, l'écorce est de couleur brun à brun rougeâtre contenant des fragments de plaques mycéliennes blanches, souvent entremêlées de filaments de latex coagulé. Sur l'assise cambiale se trouve une plaque mycélienne blanche (photo 2). Des fendillements apparaissent fréquemment, aussi profonds que l'épaisseur de l'écorce et souvent marqués par un petit bourrelet.

Ces deux types de symptômes peuvent se développer sur le tronc jusqu'à 1,50 m. Dans ce cas, les fendillements induisent le plus souvent des écoulements de latex le long du tronc (photo 3).

## Identification

Des isolements, effectués sur quatre sites hévéicoles gabonais (Mitzic, Bitam, Kango et Koumameyong), présentent des caractéristiques morphologiques homogènes et différentes de celles des armillaires européennes. L'espèce a été identifiée par Guillaumin (INRA, Clermont-Ferrand) comme étant *Armillaria heimii* (Michels, 1990). Cette espèce, anciennement décrite sous le nom *Clitocybe elegans* par Heim (1963 et 1967) fait partie des Basidiomycètes, famille des *Agaricaceae*. Elle est connue et décrite dans plus de 16 pays africains (Mohamed *et al.*, 1988). Des confrontations entre souches prélevées à Bitam et Mitzic ont révélé, comme pour les espèces européennes, une sexualité tétrapolaire (Petit-Renaud, 1991), similaire à celle des *Armillaria* des régions tempérées.



J. Guyot

**Photo 1.** Manchon de caoutchouc autour d'une racine atteinte d'armillaire. / *Rubber sleeve around a root affected by Armillaria.*



J. Guyot

**Photo 2.** Plaque mycélienne sous-corticale caractéristique d'une attaque d'armillaire. / *Sub-cortical patch of mycelium typical of an Armillaria attack.*



J. Guyot

**Photo 3.** Ecoulement de latex par éclatement de l'écorce jusqu'à hauteur du panneau de saignée. / *Latex flow due to bark splitting at tapping panel level.*

## Dégâts - Dommages

### **En plantation industrielle**

Hevegab réalise annuellement des campagnes d'éradication des arbres morts. Sur la plantation de Mitzic (lat. 0° 50' N, long. 11° 50' E, alt. 550 m), la mortalité due à l'armillaire se situe entre 0,25 et 0,58 arbre par hectare en une année, soit entre 0,05 %

et 0,13 % des arbres initiaux. Le bloc le plus atteint par cette maladie présentait un taux d'infection de 2,5 % des arbres présents et une mortalité de 2,1 arbres par hectare (0,38 % des arbres initiaux). Cette mortalité est faible par rapport aux chiffres présentés par Pichel (1956) au Congo. Il signale, en effet, sur des parcelles témoins, un taux de mortalité annuel moyen supérieur à 1 % pour

des cultures de 3,5 ans à 5 ans. En parcelle, la part de l'armillaire, dans la mortalité totale, est de l'ordre d'un tiers, le reste étant essentiellement dû au pourridié blanc *Rigidoporus lignosus*. L'association de ces deux pourridiés sur une même souche est rare : sur une moyenne d'environ 13 500 souches éradiquées chaque année sur cette plantation, seules 1,6 à 1,7 % d'entre

elles portent simultanément les deux pathogènes.

Sur la plantation de Bitam (lat. 2° N, long. 11° 50' E, alt. 600 m), l'incidence de l'armillaire est bien plus faible. Il représente environ un quart de la mortalité totale (trois quarts pour *Rigidoporus lignosus*) et ne touche que 0,053 arbre par hectare et par an. L'incidence de ce parasite est donc négligeable sur cette plantation.

A Kango (lat. 0° 06' S, long. 10° 40' E, alt. 50 m), l'incidence de l'armillaire se situe approximativement au même niveau qu'à Mitzic. Il représente une mortalité de l'ordre de 0,43 arbre par hectare et par an, soit 0,09 % des arbres initiaux. Cependant, cela ne représente que 11 % de la mortalité totale annuelle, les 89 % restant étant dus à *Rigidoporus lignosus*. Sur cette plantation, l'incidence de l'armillaire croît nettement avec l'âge de la culture. Pichel (1956) constate le même phénomène dans les plantations d'hévéas de la cuvette congolaise.

#### En plantations villageoises

Les dégâts causés par l'armillaire semblent beaucoup plus sérieux qu'en plantation industrielle. Le projet villageois est récent et ne fait pas l'objet d'un suivi régulier des maladies de racines. Les données dont nous disposons portent donc sur huit plantations régulièrement suivies par le CATH (Centre d'appui technique à l'hévéaculture) dans le secteur de Mitzic. Leur taux moyen d'infection par l'armillaire (arbres infectés et morts) avoisine les 5 % des arbres présents. Il varie de 2,4 % à 12 % selon les planta-

tions, chiffres supérieurs à ceux de la plantation industrielle. Sur ces plantations villageoises, la mortalité annuelle causée par ce champignon oscille entre 0,7 % et 6 % des arbres présents.

### Epidémiologie, origine et propagation de la maladie

Michels (1990) avait constaté que le champignon peut se propager d'arbre en arbre par contact racinaire avant que les symptômes ne se manifestent extérieurement. Un suivi racinaire par dégagement des racines d'un arbre malade et des arbres voisins, réalisé par Petit-Renaud (1991), a précisé l'origine de la maladie en plantation industrielle et son mécanisme de propagation.

Dans la plupart des cas, elle provient des andains en progressant le long des racines latérales. Les hévéas ainsi contaminés constituent des foyers secondaires à partir desquels elle se propage d'arbre en arbre au niveau des points de contact de leurs racines latérales. En plantations villageoises, où il n'est pas fait d'andainage, les foyers primaires sont constitués par les souches résiduelles de déforestation.

Le suivi de 20 foyers secondaires, en plantation industrielle, donne une idée de la vitesse de progression de la maladie. La figure 1 schématise, sur une ligne d'hévéas, la disposition des voisins directs et indirects d'un arbre malade dénommé foyer.

Inversement, des cas de disparition des symptômes de la maladie ont été constatés

en plantation sur des arbres atteints initialement à un niveau pouvant être considéré comme encore modéré (nécroses touchant moins de la moitié de la circonférence du pivot). Les arbres très touchés ne marquent pas de rémission et finissent par mourir (figure 2).

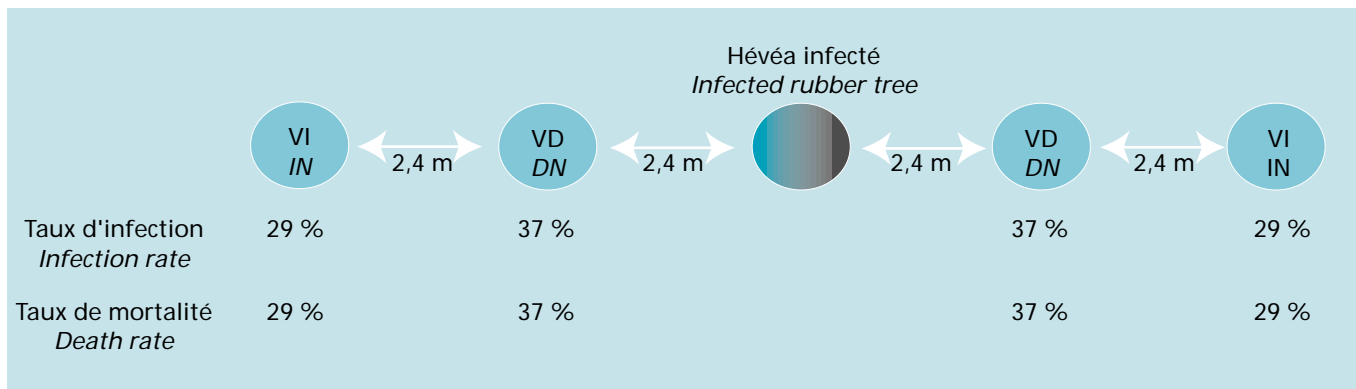
### Méthodes de lutte préconisées

#### Avant plantation : annélation des arbres avant déforestation

Selon Campbell (1934) et Dadant (1963), le développement de l'armillaire, en culture *in vitro*, est lié à la teneur en hydrates de carbone du milieu. Leach (1937) confirmait cette observation sur théiers en constatant que la croissance d'*Armillaria mellea* dépend d'une quantité suffisante d'hydrates de carbone dans les tissus parasités de l'hôte. Or, la destruction de l'écorce du tronc selon un anneau a, pour conséquence, de supprimer le mouvement de sève descendante et donc l'arrêt de l'apport en glucide des organes situés sous la zone écorcée.

Les travaux menés par Dadant sur caféiers à Madagascar ont montré une disparition progressive de l'amidon dans les racines à la suite d'une annélation des arbres à la base du tronc.

En plantation, l'annélation des caféiers atteints permet d'éviter la propagation de la maladie à leurs voisins à partir de la deuxième année suivant l'intervention. En effet, le temps nécessaire à la disparition complète des réserves en amidon des ra-



**Figure 1.** Disposition du foyer d'armillaire, taux d'infection et de mortalité des voisins directs et indirects 40 mois après le début du suivi. / Diagrammatic representation of an *Armillaria* focus in relation to its direct and indirect neighbours in a Hevea planting row (distance between trees: 2.4 m).

Quarante mois après le début de ce suivi, 37 % des voisins directs (VD) et 29 % des voisins indirects (VI) de l'arbre infecté (foyer) ont contracté la maladie. La mortalité sur les voisins directs est de 19 % (5 sur 27) et de 21 % (3 sur 14) pour les voisins indirects.

Forty months after the start of monitoring, 37% of the direct neighbours (DN) and 29% of the indirect neighbours (IN) of the infected tree (focus) had contracted the disease. The death rate on the direct neighbours was 19% (5 out of 27) and 21% (3 out of 14) for the indirect neighbours.



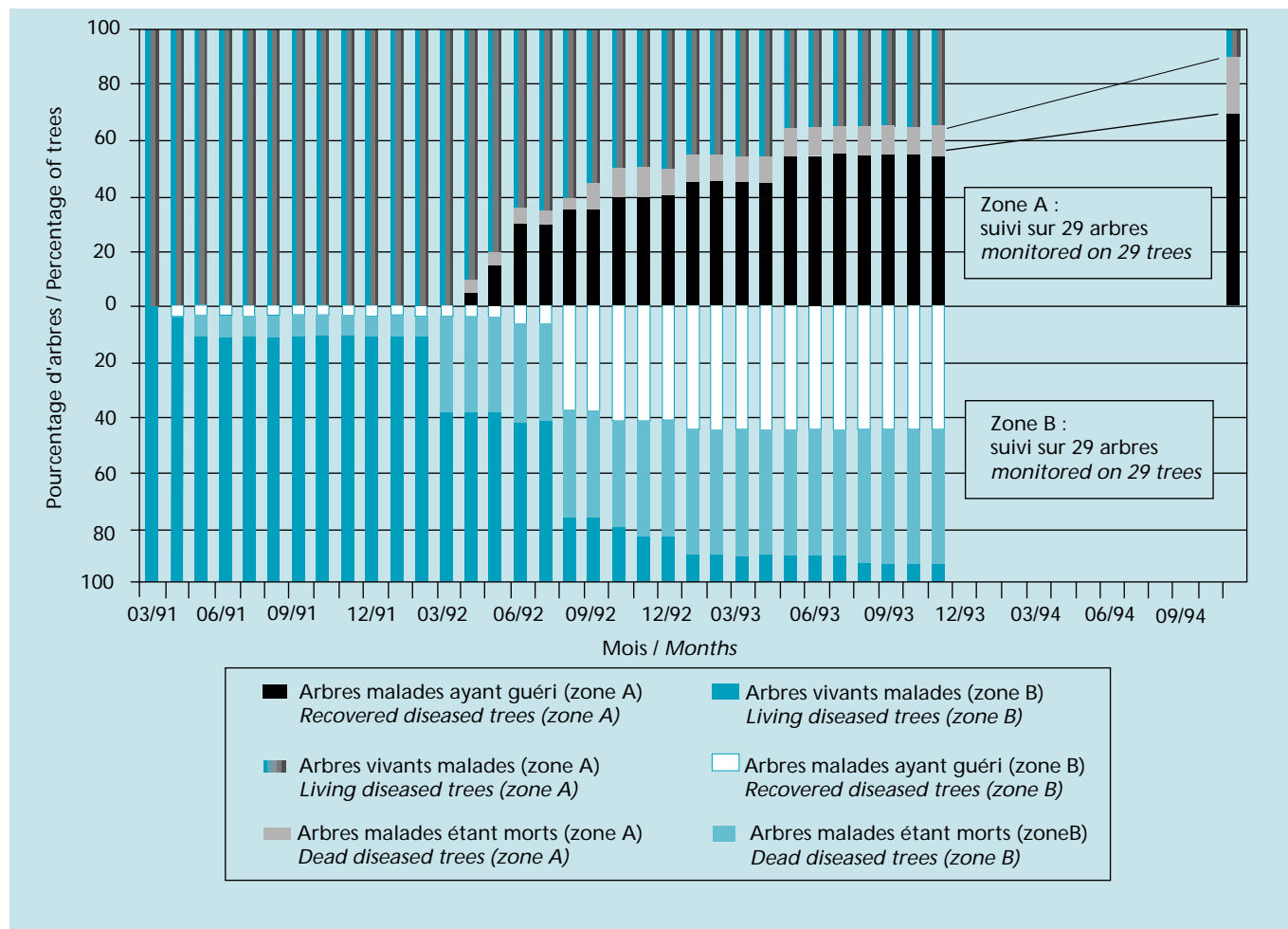


Figure 2. Suivi, sur deux zones géographiques, de l'évolution des arbres malades. / Monitoring the evolution of diseased trees in two geographical zones.

cines des arbres, ainsi traités, a été évalué à un an environ.

Cette méthode pourrait être utilisée avant le déforestation précédant la mise en place d'une plantation d'hévéas afin de détruire les foyers primaires d'armillaire sur les souches trop grosses pour être arrachées. Cela nécessiterait cependant une intervention précoce si l'on se réfère aux recommandations de Gibson et Goodchild (1961) ainsi que de Leach (1939) qui préconisent une annélation des arbres un à deux ans avant le déforestation précédant la mise en place d'une plantation de théiers.

Ces observations sur les relations hôte - parasite peuvent être mises en relation avec les techniques culturales utilisées au Gabon. En plantations industrielles, il y a dessouchage des arbres forestiers avec une tolérance de deux souches à l'hectare. Ainsi, une bonne partie des foyers primaires est éliminée avant la mise en place de la culture. En plantations villageoises, il n'y a aucun dessouchage, et l'armillaire, après déforestation, dispose encore d'une impor-

tante source d'alimentation avant la plantation des hévéas. Toutes les souches sont alors des foyers potentiels et c'est, d'ailleurs, à leur abord qu'apparaissent le plus souvent les foyers secondaires. Avant plantation, l'arrachage du nombre maximal de souches est bien entendu souhaitable, et, si l'on dispose d'un délai suffisant entre le choix d'une surface à planter et la mise en place de la culture, l'annélation du tronc des arbres à éliminer un à deux ans avant la plantation est recommandée.

Par ailleurs, il est conseillé de laisser un délai aussi long que possible entre le déforestation et la plantation, ou mieux, de planter les hévéas préférentiellement sur des zones d'anciennes cultures ou de jachère.

### Après plantation

#### **Lutte préventive par élimination ou isolement des foyers secondaires**

La propagation souterraine de la maladie rend sa détection extrêmement difficile. Des arbres apparemment sains peuvent

présenter des attaques en profondeur et le champignon peut s'être déjà propagé aux arbres voisins lorsque les symptômes extérieurs apparaissent. La réduction du nombre de foyers secondaires en plantation déjà établie est donc nécessaire et exige l'éradication précoce des hévéas morts ou gravement atteints par l'armillaire. Les arbres moins touchés, encore productifs, peuvent faire l'objet d'un traitement curatif mais doivent alors être isolés de leurs voisins par la mise en place d'une barrière empêchant la progression du parasite. L'efficacité de cette méthode a été mise en évidence dans un essai de plein champ sur la plantation de Mitzic. Elle consiste à isoler les arbres malades de leurs voisins directs ou indirects par une bâche en matière plastique enterrée au milieu de la ligne sur une largeur de 2 m et une profondeur de 0,80 m.

Le suivi de la propagation de la maladie a évalué la durée d'efficacité de cette barrière à environ 12 à 14 mois. Mais, une fois

la barrière franchie, la maladie progresse rapidement (figure 3).

Cette pratique nécessite un suivi régulier sur plans des plantations, en particulier dans les zones où des foyers sont repérés et où des souches subsistent. La rentabilité économique de cette préconisation n'est pas démontrée car l'impact de la maladie, en termes de coût, n'a jamais été évalué au Gabon.

#### Lutte curative par traitements fongicides

Les hévéas légèrement atteints par la maladie peuvent, une fois isolés de leurs voisins, faire l'objet d'un traitement curatif. Celui-ci consiste en un grattage des parties malades et leur badigeonnage avec de l'huile de palme additionnée d'un fongicide du groupe des triazoles. En effet, les hévéas ont une forte capacité à régénérer les organes nécrosés par l'armillaire (Pichel, 1956) et les chances de guérison, par régression de la maladie, sont élevées. L'isolement de ces arbres d'avec leurs voisins, par des bâches en matière plastique, permettra de ralentir fortement la propagation de la maladie.

Des essais en laboratoire ont été effectués à partir du champignon cultivé sur milieu artificiel MAT (Cheyns, 1990 ; Michels, 1990). Les quatre produits testés, Alto (cyproconazole), Sumi 8 (diniconazole), Bayfidan (triadimenol) et Folicur (terbuconazole) ont donné des résultats peu probants puisqu'il a fallu des concentrations d'au moins 5 mg de matière active par litre pour obtenir une inhibition totale de la croissance du champignon (tableau). Cependant, leur action est réelle et il semble, au vu de cet essai, que le Bayfidan et le Sumi 8 aient un effet plus fongistatique que fongicide. A l'inverse, l'Alto et le Folicur auraient plutôt une action fongicide.

Un essai a été mis en place en plantation villageoise incluant quatre traitements : huile de palme seule, huile + Bayfidan, huile + Sumi 8, huile + Alto. Les applications de ces produits étaient réalisées après grattage de l'écorce au niveau des parties de l'arbre atteintes par l'armillaire (Anon., 1994). Malgré l'importance limitée de l'échantillon (15 arbres par motif), l'essai a montré que le grattage des parties malades suivi d'un badigeonnage à l'huile de palme, additionnée ou non d'un de ces fongicides, présente une certaine efficacité pour lutter contre *Armillaria heimii*. Cependant, sur une proportion variable des arbres, et à une vitesse plus ou moins grande selon les produits utilisés, les symptômes et le champignon sont réapparus. Dans aucun des

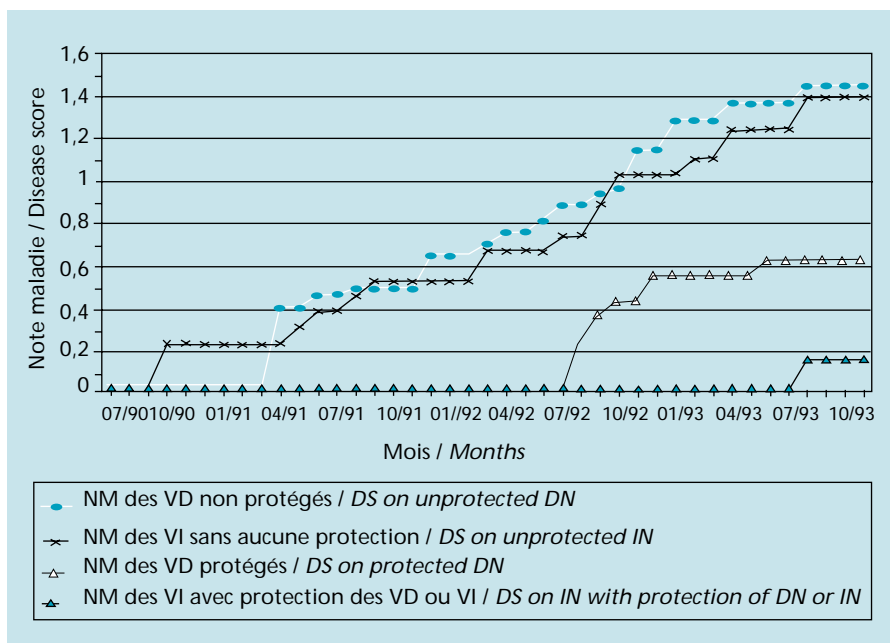


Figure 3. Essai de protection par isolement des arbres malades : évolution de la note de maladie (NM) sur les voisins directs (VD) et indirects (VI), selon la position de la bâche. / Testing protection by isolating diseased trees: variation in disease score (DS) on direct (DN) and indirect (IN) neighbours depending on tarpaulin position.

La note maladie caractérise cinq niveaux d'infection du collet et des racines latérales sur un rayon de 25 cm autour de celui-ci :

- note 0 : arbre sain (le champignon est absent du pivot et des racines latérales)
- note 1 : arbre ayant au moins une racine latérale touchée, le collet restant sain
- note 2 : arbre ayant le collet touché sur moins de 50 % de sa circonférence
- note 3 : arbre ayant le collet touché sur plus de 50 % de sa circonférence
- note 4 : arbre dont le collet est totalement ceinturé par le champignon
- note 5 : arbre mort du fait de l'armillaire

Disease scoring involves five infection levels on the collar and lateral roots in a radius of 25 cm around the collar:

- score 0: healthy tree (no fungus on tap root or lateral roots),
- score 1: tree with at least one affected lateral root, collar still healthy,
- score 2: tree with collar affected over less than 50% of its circumference,
- score 3: tree with collar affected over more than 50% of its circumference,
- score 4: tree with collar affected over its entire circumference,
- score 5: tree killed by Armillaria.

Tableau. Résultat de reprise de croissance\*. / Growth resumption results\*.

Fongicide Fungicide	terbuconazole Folicur	cyproconazole Alto	diniconazole Sumi 8	triadimenol Bayfidan
Nombre de reprises de croissance Number of resumed growth cases	0 sur 8	2 sur 8	8 sur 8	8 sur 8
	0 out of 8	2 out of 8	8 out of 8	8 out of 8

\* après repiquage sur milieu sans fongicide d'un isolat élevé sur milieu contenant 50 milligrammes par litre de 4 matières actives fongicides différentes (Michels, 1990). / \* after transfer of an isolate reared on a medium containing 50 milligrammes per litre of four different fungicide active ingredients to a fungicide-free medium (Michels, 1990).

quatre cas, la guérison n'est totale et l'opération doit être répétée tous les trois mois environ pour accroître son efficacité. Aucune différence d'efficacité n'a été constatée entre les quatre traitements.

#### Lutte curative par grattage et badigeonnage à l'huile sans adjonction de fongicides

Un essai a été réalisé en traitant 20 arbres malades par grattage et badigeonnage des parties malades à l'huile de palme sans adjonction de fongicides. Vingt autres arbres

malades ont été laissés sans intervention à titre de témoins. Au bout d'un an, 9 des 20 arbres traités de cette manière pouvaient être considérés comme guéris. Les 11 autres avaient vu un retour rapide des symptômes après l'intervention. Ainsi, 16 mois après le grattage, l'efficacité de la méthode pouvait être évaluée à 45 %. Cependant, l'apparition d'un phénomène de « guérison spontanée » très marqué (45 % des arbres) sur le motif témoin avait ramené ce dernier à un niveau de maladie

Mise en place de l'essai en septembre 1994 / Trial set up in September 1994

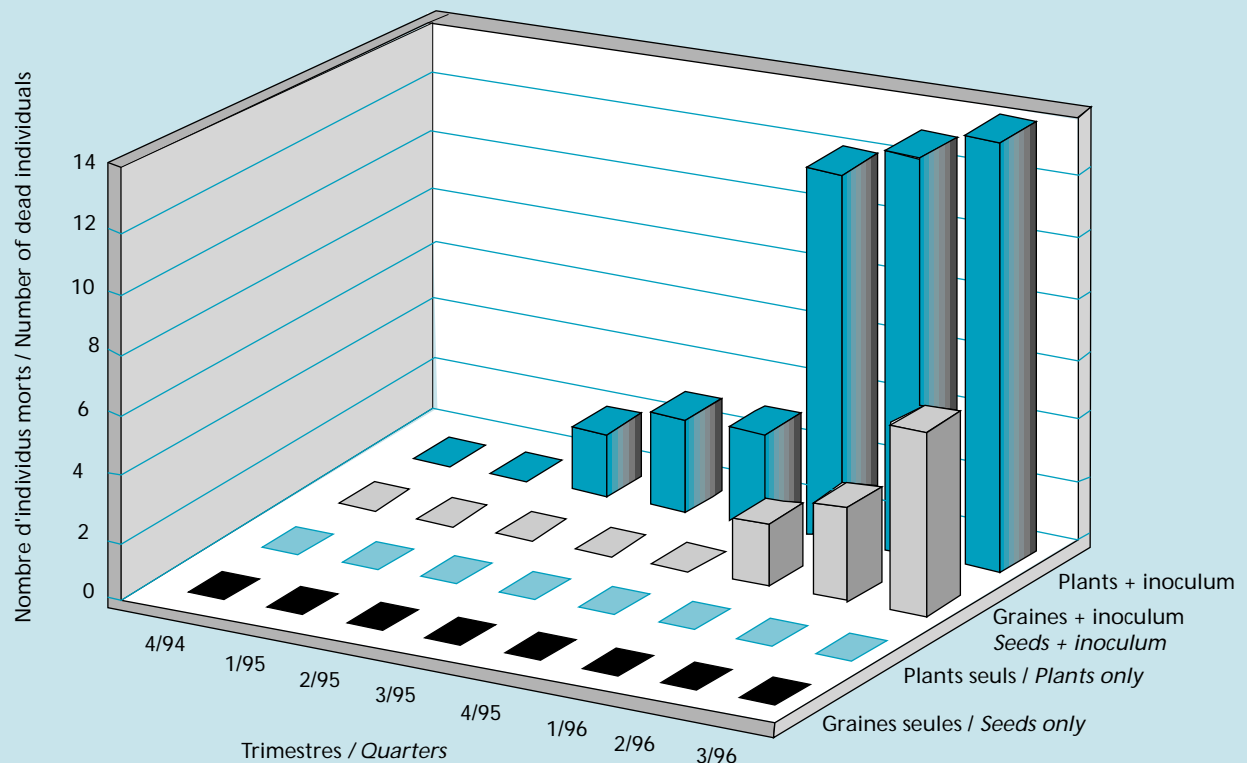


Figure 4. Essai d'inoculation : suivi de la mortalité sur 30 plants par motif. / Inoculation trial: mortality monitoring on 30 plants per treatment.

presque équivalent au motif cureté. En prenant cet aspect en considération, le motif traité n'était donc pas différent du motif témoin, 16 mois après le curetage. Deux ans après le traitement, les deux motifs se trouvaient au même niveau, tant pour le nombre d'arbres malades (10) que pour le niveau de gravité de la maladie. En octobre 1994, soit trois ans après les premières observations sur cet essai, 70 % des arbres du motif témoin non gratté ne présentaient plus de symptômes apparents.

## Perspectives

La lutte chimique n'est pas encore satisfaisante en raison de sa lourdeur et de son manque d'efficacité. La poursuite des expérimentations dans ce domaine est donc nécessaire.

### Lutte chimique

Des essais de mise au point d'une technique d'inoculation de jeunes plantules ont été réalisés sans succès à Mitzic en 1990 et 1991. Ces échecs ont été attribués, dans le premier cas, à une insuffisance d'inoculum, et, dans le deuxième cas, soit à un inoculum

initial encore insuffisant, soit à une irrigation trop faible.

Un nouvel essai a été mis en place en septembre 1994, en prenant cette fois comme source d'inoculum des souches malades prélevées en plantation. En effet, des travaux de Bliss (1941) ont montré que l'infection d'un hôte ne peut se faire que si l'inoculum est solidaire d'un substrat de départ suffisant, les rhizomorphes isolés n'étant pas infectieux.

Par référence aux résultats de Leach (1937) sur théiers, le matériel à infecter a été choisi très jeune (plants de deux mois et graines) et mis directement en contact avec les souches malades.

La figure 4 montre la vitesse d'évolution de la maladie sur un matériel végétal supposé sensible du fait de son système racinaire peu développé et placé au contact presque direct d'une source d'inoculum abondante. Les premiers cas de mortalité apparaissent après six mois sur les plants, et après 15 mois dans le cas des graines mises à germer en contact de la source d'inoculum. Deux ans après le début de l'essai, la mortalité n'atteint pas encore la moitié des individus dans les deux cas d'ex-

position à la maladie, mais elle reste nulle sur les témoins. A ce stade de l'expérimentation, l'effet de l'inoculation apparaît donc nettement.

Sur un plan pratique, cet essai montre la possibilité d'infecter artificiellement des plants d'hévéas avec l'armillaire dans le but d'expérimenter *in situ*, et à un coût modeste, l'efficacité de matières fongicides contre ce pathogène mais nécessite un temps de réponse de plusieurs mois à plusieurs années.

**Utilisation de l'action antagoniste de *Trichoderma* sp. sur l'armillaire**  
Les champignons saprophytes du genre *Trichoderma* sont bien connus pour avoir une action antagoniste à l'égard de nombreux microorganismes et notamment vis-à-vis d'*Armillaria mellea* (Bliss, 1951 ; Weindling, 1934 ; Venkata Ram et Davasahayam Joseph, 1974). Dadant (1963) a mené des expérimentations approfondies sur les relations entre *Trichoderma viride* et armillaire sur caféiers à Madagascar. En milieu artificiel tout d'abord, il a montré que la nutrition carbonée de *T. viride* est plus diversifiée que celle d'*Armillaria*, ce

qui lui permet de consommer les sucres en C5 inutilisés par l'armillaire et donc de lui succéder. Des souches de caféiers contaminées par l'armillaire se couvrent très rapidement, une fois arrachées, de *Trichoderma*, ce qui montre sa présence préalable sur les souches. Plus l'envahissement de ces souches par l'armillaire est avancé, plus *T. viride* est fréquent. Cependant, il existe une zone, entre les territoires occupés par chacun de ces deux organismes, dans laquelle on ne trouve que du mycélium d'armillaire mort. Selon cette observation, *T. viride* pourrait exercer une action toxique sur l'armillaire. Cette hypothèse est confortée par une action fongitoxique de *T. viride* déjà vérifiée sur d'autres organismes (Weindling, 1941), par le biais d'une toxine : la gliotoxine. Selon Weindling (1941), cette substance serait produite pendant la phase de croissance active de l'organisme à la condition, toutefois, que le milieu soit suffisamment aéré et de pH acide (pH < 5).

Onsando et Waudou (1994) signalent, aussi dans certains cas, un phénomène d'hyperparasitisme de *T. harzianum* sur *A. mellea* et *A. heimii* par pénétration et lyse du mycélium.

Sur *Albizia*, Dadant (1963) a constaté que *T. viride* se développe plus et plus vite lorsque les racines sont atteintes d'armillaire que lorsqu'elles sont saines. Il en conclut que, dans la nature, *T. viride* succède bien à l'armillaire.

Dadant (1963) observe que la présence de *Trichoderma viride* est maximale dans les cinq premiers centimètres du sol et s'avère d'autant plus forte que le sol est riche en humus. C'est sur ce type de sols bien pourvus en matière organique que l'action antagoniste de *T. viride* sur l'armillaire est la plus marquée. Sur caféiers, il constate une réduction progressive de la vitesse d'extension de l'armillaire en plantation, qui pourrait être attribuée à l'action de *T. viride*. Il éliminerait l'armillaire dans les souches de manière plus rapide que celui-ci ne se propage.

L'action antagoniste de *Trichoderma* sp. sur armillaire pourrait expliquer les régressions spontanées de la maladie, observées à plusieurs reprises à Mitzic.

Dadant (1963) a expérimenté également l'action de diverses substances chimiques sur *Armillaria* et *T. viride*. Dans certains cas, il a observé, peu de temps après l'application du produit, un très fort développement de *T. viride*. Ces observations corroborent celles de Bliss (1941, 1944) qui constatait que l'action de certains produits

sur *A. mellea* était indirecte, celui-ci n'étant pas tué par la substance chimique mais par *T. viride* qui, du fait du traitement, se trouve débarrassé de certains de ses antagonistes tels que *Penicillium* et certains Actinomycètes qui s'opposaient à son développement. Certaines des substances chimiques testées, telles que le disulfure de carbone, ont aussi pour effet d'affaiblir l'armillaire qui est alors supplanté par *T. viride* (Bliss, 1951). Cet affaiblissement touche, notamment, la capacité de l'armillaire à produire des substances antibiotiques qui le protège contre *T. viride* (Cook et Baker, 1983). Cet effet indirect pourrait expliquer que, lors des expérimentations menées à Mitzic, le Bayfidan ait été le moins efficace des quatre produits testés sur milieu artificiel alors qu'il s'est comporté sur le terrain aussi bien que les autres produits.

La pratique du brûlis total avant plantation pourrait contribuer à l'explication de la gravité de cette maladie en plantations villageoises. En effet, Focan *et al.* (1950) montrent que l'incinération des déchets végétaux modifie profondément la flore fongique et entraîne notamment une régression considérable de *Trichoderma* sp. probablement par manque d'aération et baisse de l'humidité du sol. Sur les plantations industrielles d'Hevegab, le brûlage n'intervient le plus souvent que sur les andains. Il est, cependant, intéressant de noter que les 400 premiers hectares de la plantation industrielle de Mitzic, représentant la zone la plus touchée par l'armillaire, ont fait l'objet d'un brûlage total avant andainage. Pichel (1956) note, cependant, que l'action néfaste du brûlage est fortement réduite par une jachère dont l'effet bénéfique est d'autant plus marqué que la durée séparant le déforestage de la plantation est longue.

Les connaissances sur la rhizosphère de l'hévéa dans les plantations du Gabon sont inexistantes et la présence même de *Trichoderma* sp. dans cet environnement est à vérifier. On peut, toutefois, fortement la suspecter, puisqu'il s'agit là d'un groupe de microorganismes considéré comme l'un des plus fréquents dans la majorité des sols (Danielson et Davey, 1973). Ainsi, Onsando et Waudou (1994) ont identifié, dans la rhizosphère du théier de la région de la Rift Valley au Kenya, trois espèces appartenant à ce genre qui présentent une action antagoniste à l'encontre d'*A. mellea* et d'*A. heimii* par production de substances toxiques.

De même, Achimi Rafiou (1987) relevait la présence du genre *Trichoderma* dans

l'horizon superficiel de la rhizosphère de l'hévéa en Côte d'Ivoire et notait une réduction significative de ce genre sous l'effet d'un traitement à la Calixine.

## Conclusion

Les travaux menés sur l'armillaire de 1990 à 1993 au Gabon ont abouti aux résultats suivants :

- l'agent pathogène a été identifié et son déterminisme sexuel précisé, ce qui a permis de mieux le situer par rapport aux autres espèces de son groupe ;
- l'étude de la localisation des sources d'inoculum primaire et de la propagation du champignon en plantation ont apporté des compléments d'information sur son épidémiologie ; ainsi, dans la plupart des cas observés, la maladie provient des andains en progressant le long des racines latérales. La transmission de la maladie d'un arbre à ses voisins se fait par les racines latérales, au niveau de leurs points de contact ;
- en plantations industrielles, l'armillaire est présent mais ses conséquences économiques ne sont pas inquiétantes, alors qu'en plantations villageoises, le problème paraît beaucoup plus sérieux et mérite une attention particulière ;
- l'expérimentation de techniques de lutte préventive et curative a apporté des résultats positifs mais ces méthodes ne peuvent pas encore être recommandées car elles sont assez lourdes à mettre en œuvre et leur efficacité doit être d'abord évaluée en dimension réelle, notamment en plantations villageoises. Actuellement, la littérature ne fournit pas d'alternatives à ces techniques et la lutte contre l'armillaire reste donc difficile.

La bibliographie met en évidence l'incidence des techniques de préparation de terrain sur le niveau de gravité de la maladie. Cette incidence est liée aux relations hôte - parasite et à des phénomènes d'antagonismes entre microorganismes du sol qui peuvent être influencés par l'application de certaines substances chimiques. Ce dernier point est susceptible d'ouvrir une nouvelle voie dans la recherche de méthodes de lutte contre l'armillaire.

La lutte biologique contre des champignons pathogènes à l'aide d'autres champignons qui leur sont antagonistes a déjà été utilisée dans de nombreux cas. Corbaz (1990) cite notamment les travaux de Risbeth qui a utilisé un champignon saprophyte, *Peniophora gigantea*, pour lutter contre *Heterobasidion annosum* (syn.

*Fomes annosus*) qui s'attaque aux conifères après avoir proliféré sur les troncs laissés après l'abattage. L'inoculation réalisée lors de la coupe en incorporant des spores de *Peniophora gigantea* dans l'huile lubrifiant la lame des scies a permis le développement de cette méthode sur 40 000 ha de forêts en Grande-Bretagne en 1970.

*Trichoderma harzianum* est utilisé en France, avec succès, pour la lutte contre *Stereum purpureum*, agent de la maladie

du plomb du pêcher. L'incorporation au sérateur d'un petit réservoir contenant des spores de *Trichoderma* permet l'inoculation immédiate des blessures de taille (Corbaz, 1990).

La production massive de *Trichoderma* sp. peut être réalisée à l'aide de techniques très diverses. Ce champignon a déjà fait l'objet d'une commercialisation dans le cadre de certaines actions de lutte biologique (Cook et Baker, 1983).

L'influence des techniques de préparation du terrain, sur le niveau de gravité de la maladie, devra être étudiée de même que les phénomènes d'antagonismes entre microorganismes du sol.

Enfin, il est indispensable que soient effectués des relevés chiffrés sur l'ensemble des plantations villageoises afin d'évaluer précisément l'impact économique de cette maladie. ■

## Bibliographie / References

- ACHIMI RAFIOU, 1987. Etude de la microflore des plantations d'hévéa. Techniques de microbouturage *in vitro* de l'hévéa. Rapport de stage, université de Nancy I, France, 35 p.
- ANON., 1994. Rapport annuel d'activité 1993, Centre d'appui technique à l'hévéaculture, Libreville, Gabon, p. 21-31.
- BLISS D.E., 1944. Controlling *Armillaria* root rot in citrus. Berkeley, Etats-Unis, university of California, 7 p.
- BLISS D.E., 1941. Artificial inoculation of plants with *Armillaria mellea* in citrus soils. *Phytopathology* 31 (9) : 859.
- BLISS D.E., 1951. The destruction of *Armillaria mellea* in citrus soils. *Phytopathology* 41 (8) : 665.
- CAMPBELL W.G., 1934. Zone lines in plant tissues. *Ann. Appl. Biol.* 21 : 1.
- CHEYNS E., 1990. Contribution à l'étude des pourridies dus à *Armillaria* sp. sur *Hevea brasiliensis* au Gabon. Rapport de stage, Institut Supérieur Technique d'Outre Mer, Le Havre, France, 71 p.
- COOK R.J., BAKER K.F., 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. St Paul, Minnesota, Etats-unis, American Phytopathological Society, 539 p.
- CORBAZ R., 1990. Principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Lausanne, Suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes, 286 p.
- DADANT R., 1963. Contribution à l'étude du pourridié du caféier causé par le *Clitocybe elegans* Heim à Madagascar. *Rev. Mycol.* 28 (2) : 95-168.
- DANIELSON R.M., DAVEY C.B., 1973. The abundance of *Trichoderma* propagules and distribution of species in forest soils. *Biol. Biochem.* 5 : 485-494.
- FOCAN A., KUCZAROW W., LANDELOUT H., 1950. L'influence de l'incinération sur l'incidence des maladies radicales (observations préliminaires). *Bull. Agr. Congo Belge* 41 (4) : 921-924.
- GIBSON I.A.S., GOODCHILD N.A., 1961. *Armillaria mellea* in Kenya tea plantations. In : 6th Commonwealth mycological conference, Kew, Grande-Bretagne, 1960. Kew, Surrey, Grande-Bretagne, Commonwealth Mycological Institute, p. 39-40.
- LEACH R. 1937. Observations on the root parasitism and control of *Armillaria mellea*. *Proc. R. Soc. of London, Ser. B*, 71 (825) : 561-573.
- LEACH R. 1939. Biological control and ecology of *Armillaria mellea* (Vahl.Fr.). *Trans. Br. Mycol. Soc.* 23 : 320.
- MICHEL T., 1990. Contribution à l'étude des pourridies à armillaire dans les plantations d'Hevegab au Gabon. Rapport de stage, Institut supérieur technique d'outre-mer, Le Havre, France, 61 p.
- MOHAMED C., GUILLAUMIN J.J., BERTHELAY S., 1988. Preliminary investigations about the taxonomy and genetics of African *Armillaria* species. *Proceeding of the seventh International Conference on Root and Butt Rots*, Vernon and Victoria, British Columbia, Canada.
- ONSANDO J.M., WAUDO S.W., 1994. Interaction between *Trichoderma* species and *Armillaria* root rot fungus of tea in Kenya. *Int. J. Pest Manag.* 40 (1) 69-74.
- PETIT-RENAUD D., 1991. Contribution à l'étude du pourridié de l'hévéa (*Hevea brasiliensis*) causé par *Armillaria heimii* au Gabon. Mémoire de DEA, Ecole nationale supérieure agronomique de Toulouse, France, 38 p.
- PICHEL R.J., 1956. Les pourridies de l'hévéa dans la cuvette congolaise. Bruxelles, Belgique, Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge, Série technique (49), 480 p.
- VENKATA RAM C.S., DEVASAHAYAM JOSEPH C.P., 1974. Development in the occurrence and control of root disease in tea. 2. Soil fumigation against *Armillaria mellea* and the status of *Ustilina zonata* as a root pathogen. *Proceedings of the 20th Scientific Conference UPASI*, p. 1-17.
- WEINDLING R., 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. *Phytopathology* 24 (11) : 1153-1179.
- WEINDLING R., 1941. Experimental consideration on the mold toxins of *Gliocladium* and *Trichoderma*. *Phytopathology* 31 (11) : 991.