

# Lutte chimique raisonnée et techniques culturelles

---

Dominique Berry

Dans les deux chapitres précédents on a pu constater que dans un certain nombre de cas des solutions au moins partielles avaient été trouvées par la sélection d'un matériel végétal résistant aux maladies à des degrés divers et que, dans de nombreuses autres situations, une solution génétique pouvait être apportée à plus ou moins long terme. Il a été dit aussi que la lutte contre les insectes vecteurs était souvent possible et efficace. Toutefois, pour plusieurs maladies, la lutte chimique reste indispensable en attendant la mise à la disposition des planteurs d'un matériel végétal suffisamment résistant ou tolérant dans le cas de certaines maladies virales. On verra que l'efficacité des pesticides peut parfois être renforcée par l'emploi de pratiques culturelles simples mais quelquefois exigeantes en main-d'œuvre, difficiles à mettre en œuvre en l'absence d'aménagement des terroirs ou qui peuvent avoir certains effets défavorables.

## Les maladies telluriques

### Les pourridiés

La lutte contre les pourridiés est essentiellement fondée sur l'utilisation préventive de techniques culturelles appropriées complétées par l'application localisée, à titre curatif, de pesticides.

## LES POURRIDIS EN PLANTATIONS FORESTIÈRES

### La préparation du terrain

Les plantations forestières sont généralement mises en place sur des terrains auparavant occupés par des forêts naturelles, où la diversité floristique est très importante. Dans ces sols, il existe un équilibre entre la mycoflore et les peuplements d'arbres. Si un grand nombre d'essences sont sensibles aux champignons, seules quelques-unes se révèlent très sensibles.

Des observations permettent d'établir que la méthode de défrichage et de préparation du terrain a une grande importance sur l'état sanitaire de la future plantation. Il dépend essentiellement de la quantité de débris ligneux, comme les souches et les racines, infestés — foyers contaminants (ou sains) relais de propagation — demeurant dans le sol. Les méthodes de défriche couramment utilisées sont l'abattage des arbres, partiel ou total, suivi d'un brûlis ; l'abattage mécanique des arbres sur pied par des bulldozers, ce qui permet l'extirpation des souches, des racines, suivi d'un andainage et d'un brûlage du bois résiduel (la majorité des plantations industrielles est installée selon cette méthode) ; l'empoisonnement des arbres sur pied par l'application d'un arboricide sur le tronc. De grandes surfaces ont ainsi été replantées et aménagées (MALLET *et al.*, 1985).

Lorsque le dessouchage et l'extirpation des racines sont minutieusement réalisés, les attaques de champignons pathogènes sont moins importantes. Dans la pratique, ces travaux, qui peuvent être réalisés manuellement par les paysans, sont plus ou moins bien faits, compte tenu du temps et de l'énergie que cela demande. Les coûts sont de 350 à 400 dollars par hectare dans le cas d'une préparation mécanisée (en Côte d'Ivoire dans les années 80).

Plusieurs techniques permettent néanmoins de circonscrire les pourridis avant ou après le défrichage.

Avant le défrichage, deux méthodes sont pratiquées : l'empoisonnement et l'annélation. L'empoisonnement des arbres de la forêt (avec de l'arsenic ou du 2-4-5-T) rend les systèmes radiculaires impropres à leur colonisation par le parasite sans que l'on puisse expliquer le phénomène (CATINOT et LEROY-DEVAL, 1960). L'annélation, pratiquée sur les troncs des arbres, entraîne la disparition progressive de l'amidon dans les racines et prive le parasite des hydrates de carbone nécessaires à son développement.

L'élimination des souches les plus massives est facilitée par l'utilisation d'un appareil permettant l'extraction, par carottage, du cœur de la souche, en ne laissant subsister qu'une couronne de bois de quelques centimètres d'épaisseur seulement, plus rapidement décomposée. Cette technique est mieux adaptée que l'arrachage pour de très gros sujets.

On ne saurait trop conseiller, sur les défriches forestières, de faire pendant deux ou trois ans une culture herbacée de plantes insensibles aux pourridis (par exemple le riz), afin d'assainir le terrain avant de réaliser la plantation.

Cette pratique, qui favorise la désagrégation des masses ligneuses résiduelles après défriche et par conséquent l'épuisement des foyers, ne semble pas toujours recevoir la faveur des planteurs ; elle mérite pourtant plus d'attention car elle est de nature à préserver le capital productif dans les zones à risque.

### La lutte contre les foyers de maladie

Pour lutter contre l'extension des foyers pathogènes de pourridiés, plusieurs méthodes sont appliquées : la réalisation de tranchées profondes autour des arbres infectés constituant le foyer afin d'interrompre la progression des rhizomorphes et le décapage de la terre autour du collet pour dégager les racines latérales.

Cependant, pour rendre la lutte contre les pourridiés plus efficace, ces méthodes sont associées à un ou à plusieurs traitements chimiques (tableau 1).

Les armillaires étant des champignons à croissance très lente, l'utilisation de champignons saprophytes pourrait contrarier le développement du pathogène. Des tests réalisés au laboratoire ont montré que le basidiomycète *Lentinus squarulosus* empêche le développement d'*Armillaria mellea*.

Tableau 1. Pesticides utilisés en plantations forestières contre les pourridiés.

Agents étiologiques	Produits	Méthodes d'application
<i>Armillaria mellea</i> <i>Phaeolus manihotis</i>	hexaconazole	Pulvérisation sur le sol aux pieds des arbres malades et des arbres voisins, à raison de 150 g de matière active/ha
<i>Phellinus noxius</i> <i>Rigidoporus lignosus</i> <i>Ganoderma</i> sp.	propiconazole + carbendazime	Pulvérisation sur le sol au pied des arbres malades et des arbres voisins, à raison de 125 g de matière active/ha

### LA POURRITURE BLANCHE DES RACINES DE L'HÉVÉA

#### *RIGIDOPORUS (FOMES) LIGNOSUS*

Comme pour les pourridiés des plantes forestières traitées précédemment, un terrain bien préparé permet de réduire significativement les pertes dues à la pourriture blanche des racines de l'hévéa, dont l'agent est *Rigidoporus (Fomes) lignosus* (TRAN VAN CANH, 1996).

Les principales opérations à suivre sont l'abattage, le brûlage, le sous-solage et l'élimination des débris végétaux.

L'abattage de la forêt est accompagné du dessouchage de tous les arbres, un à deux ans avant la plantation afin de favoriser le brûlage. On procède au brûlage d'un maximum d'arbres et de leurs souches. Le sous-solage des lignes de

plantations se fait à 80 centimètres de profondeur et l'on élimine les débris végétaux des trous de plantation.

Dans les cultures de moins de 4 ans, les arbres morts et infectés sont éliminés, les pivots et les racines latérales sont enlevés et évacués hors de la plantation.

Dans les cultures adultes, les pivots des arbres morts et infectés qui ne sont pas en saignée sont isolés selon la méthode suivante : le tronc est coupé à 20 ou 30 centimètres au-dessus du collet ; toutes les racines latérales, jusqu'à une profondeur de 80 centimètres, sont sectionnées et extirpées et un trou d'isolement de 50 centimètres de large et 80 centimètres de profondeur est creusé autour du pivot.

Les arbres en saignée, dont l'infection est détectée par la présence de mycelium de *Rigidoporus* au collet et par la nécrose de l'écorce du pivot, sont isolés par des fossés circulaires de 25 centimètres de largeur et 80 centimètres de profondeur creusés à 1 mètre autour du pivot. Toutes les racines latérales qui dépassent ce fossé sont coupées et extirpées. Les souches des arbres de forêt infectées par le *Rigidoporus* et restées en place après l'établissement de la plantation sont isolées par un fossé de 50 à 60 centimètres de largeur et de 80 centimètres de profondeur, avec élimination de toutes les racines latérales.

La mise en saignée de l'hévéa commençant entre 5 et 7 ans, les agriculteurs pratiquent pendant une partie de cette période improductive des cultures intercalaires. Le choix de la culture à pratiquer est important. Il faut ainsi savoir que le manioc à cycle long (1,5 à 2 ans) est à déconseiller dans la mesure où cette plante est un véritable piège à *Rigidoporus*. Elle peut ensuite contaminer les jeunes hévéas. On a pu ainsi constater qu'au moment de l'arrachage du manioc, de très nombreux pieds étaient contaminés (DELABARRE, comm. pers.). Cependant, en utilisant des manioc à cycle court (un an), on n'a pas constaté cet inconvénient (DELABARRE, 1997).

En plantation, l'application des techniques culturales et de la lutte chimique repose sur une surveillance sanitaire. Elle permet de neutraliser les sources d'infection. La première inspection sanitaire doit être réalisée le plus tôt possible et généralement dès la première année. En fonction du taux d'infection observé, les rondes sanitaires ont lieu une ou deux fois par an. L'inspection du système racinaire proche du collet de tous les arbres permet de détecter les arbres atteints qui sont ensuite marqués.

Les traitements chimiques sont réalisés deux fois par an, immédiatement après la détection et six mois après, sur les arbres malades et leurs voisins, par un épandage de fongicide en granulé autour du pivot, suivi par un binage léger pour incorporer les produits dans le sol. Les fongicides suivants peuvent être utilisés :

– AteMi S (8 grammes de cyproconazole et 800 grammes de soufre) à raison de 50 grammes par arbre ;

- Bayfidan 1 GR. (10 grammes de triadimenol/kilogramme), 50 grammes par arbre ;
- Vectra 1,5 GR. (15 grammes de bromuconazole/kilogramme), 35 grammes par arbre ;
- Sumi8 1 GR. (10 grammes de diniconazole/kilogramme), 30 grammes par arbre.

#### L'ARMILLAIRE DE L'HÉVÉA

Comme pour *Fomes*, la lutte contre l'armillaire de l'hévéa est avant tout préventive lors de la préparation du terrain par l'élimination du plus grand nombre possible de souches d'arbres lorsque la plantation est réalisée en forêt. La lutte curative par grattage des parties malades avec ou sans badigeonnage d'un fongicide ne s'est pas montrée efficace (GUYOT, 1997).

#### LES POURRIDÉS DU CAFÉIER

Les pourridés du caféier se rencontrent dans des conditions très diverses, l'antécédent végétal (la forêt en particulier) et le mode de culture (la présence d'arbres d'ombrage) jouent un rôle déterminant dans la présence de ces affections. Les blessures causées aux organes souterrains par des organismes vivants (insectes, nématodes, etc.) et surtout par les outils employés pour l'entretien mécanique des plantations favorisent la pénétration des agents responsables dans les racines et particulièrement leur diffusion de plante à plante. L'extension des attaques se fait en taches à partir de foyers bien localisés, principalement par des cordons mycéliens, les rhizomorphes, qui passent de racine à racine. Elle est généralement lente, sauf dans le cas de l'utilisation d'outils tractés, qui disséminent les fragments de racines malades porteuses de mycélium ; on peut alors en suivre la progression rapide sur les lignes de caféiers.

C'est de manière préventive, au moment de la préparation du terrain, que l'on peut agir efficacement. L'élimination des arbres forestiers et la destruction de leurs souches, de tous les débris ligneux et des bois morts, qui sont autant de sources potentielles primaires de contamination, doivent être effectuées avec soin.

Une fois la plantation installée, les parcelles doivent être attentivement surveillées afin d'éviter la constitution de taches infectées de grande taille, ce qui permet de circonscrire les zones infectées par des fossés. Cette surveillance devra particulièrement tenir compte de la présence des souches forestières ayant pu échapper à la destruction et de celles, le cas échéant, des arbres d'ombrage.

Quand la maladie se déclare, la lutte curative se borne généralement à limiter l'extension des attaques. On peut ainsi tenter de limiter l'extension d'une tache de maladie en creusant, tout autour, un fossé profond d'au moins 60 centimètres ; en supprimant une solution de continuité entre les racines de plantes

malades et les racines de plantes voisines encore saines, ce fossé interdit la progression des rhizomorphes. D'un point de vue pratique, on arrache d'abord les plantes malades et les arbres d'ombrage associés en prenant soin d'extirper le maximum de racines ligneuses. Cet arrachage est facilité par l'emploi de palans montés sur des chèvres. Les troncs, les branches et les racines doivent être brûlés sur place. Le creusement du fossé se fait en rejetant la terre vers l'intérieur de la tache à circonscrire et non vers l'extérieur.

Sur les taches de maladie ainsi traitées et en attendant la replantation, une culture herbacée doit être mise en place afin de protéger le sol contre l'érosion et le lessivage par exemple des graminées, des cultures vivrières herbacées, indemnes des affections considérées, qui sont strictement inféodées aux plantes ligneuses. Cet effet nettoyant de la jachère est cependant lent. BLAHA (1978), qui a étudié le phénomène sur des caféiers Arabica de haute altitude au Cameroun dans le cas d'attaques de *Clitocybe elegans* en utilisant des bûchettes-pièges, constate qu'après deux mois on n'a plus que 41 % de contaminations à 40 centimètres de profondeur et 56 % à 80 centimètres ; après douze mois, il reste encore 34 % de décontamination à 40 centimètres et 35 % à 80 centimètres. La prudence recommande donc de ne replanter qu'après deux ou trois ans.

Si l'on se réfère à des travaux d'Amérique centrale ce long délai de replantation pourrait être réduit à une année seulement en traitant le sol des trous d'arrachage avec un fongicide approprié tel que le Pcnb ou la Basamid ou le bromure de méthyle. S'agissant toujours de *C. elegans* sur le caféier Arabica de haute altitude, il a été montré que le bromure de méthyle en fumigation diffuse profondément dans le sol, participe très activement à la mort des fragments mycéliens et semble accélérer leur destruction par les *Trichoderma* (BLAHA, 1978). Intéressante sur un plan économique seulement pour de petits foyers, cette méthode peut être conseillée dans le cas de l'identification précoce de ces derniers. Lorsque l'on a repéré et traité un foyer, on peut en surveiller l'extension en plantant dans le sol des bûchettes pièges stérilisées faites dans le bois d'une essence végétale sensible, *Hevea* ou *Leucaena*, par exemple.

L'annélation des arbres sains sur tout le pourtour de la tache est une autre méthode, déjà préconisée lors de la préparation du terrain des plantations forestières et qui a pu être proposée pour arrêter l'extension des taches de pourridiés. Cette annélation ne doit concerner que l'écorce pour permettre à la sève montante de circuler dans les vaisseaux du bois laissés intacts et interdire à la sève élaborée d'arriver à la base des troncs et aux racines. Non seulement les souches des arbres ainsi traités ne s'enrichissent plus en réserves amylacées, mais elles se vident de leurs réserves, privant ainsi les agents des pourridiés de toute possibilité de développement car ils ne peuvent vivre qu'aux dépens de l'amidon et non de la lignine. Mais cette méthode exige le sacrifice d'un nombre très élevé d'arbres sains, ce qui la rend peu réaliste.

Ces pratiques curatives ne peuvent se justifier sur le plan économique que sur les petites surfaces que sont les foyers repérés précocement. Elles exigent donc une grande vigilance de la part des agriculteurs.

Tout ce qui vient d'être dit pour le caféier est valable pour le cacaoyer et pour le théier.

## La fusariose du palmier à huile

En raison de la dispersion dans le sol du champignon responsable de la fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*) et de l'étendue des surfaces qu'il faudrait traiter, la lutte chimique est totalement impossible. On a vu que la lutte génétique (voir le chapitre Résistance variétale) permet de disposer d'un matériel végétal ayant un bon niveau de résistance à la fusariose.

Toutefois, plusieurs séries d'essais ont permis de démontrer que l'impact de la maladie sur un matériel de résistance moyenne peut être modulé par certaines techniques culturales (RENARD et FRANQUEVILLE, 1991), étant entendu qu'elles ne permettront pas à un matériel sensible à la maladie d'échapper à celle-ci. L'élimination des sources de sensibilité génétique au sein des géniteurs utilisés dans les programmes d'amélioration du matériel végétal destiné à l'Afrique est donc un impératif.

Parmi les facteurs qui ont été étudiés, on retiendra le site de plantation, la nutrition minérale, le paillage de rafles et le couvert végétal.

### LE SITE DE PLANTATION

Les replantations de parcelles initialement plantées avec des croisements sensibles sont plus atteintes que celles de parcelles constituées de croisements résistants. Le pourcentage de fusariose peut toutefois être réduit de moitié si les jeunes palmiers sont replantés à plus de 2 mètres des anciennes souches. Il a également été démontré que le maintien des arbres présentant des symptômes de fusariose chronique favorise le développement de l'inoculum. Il est donc recommandé de les abattre pour préserver l'état sanitaire de la replantation ultérieure (FRANQUEVILLE et RENARD, 1988).

### LA NUTRITION MINÉRALE

OLLAGNIER et RENARD (1976) ont montré que l'apport de chlorure de potassium (KCl) ralentit l'évolution de la fusariose, ce qui confirme les observations faites par PRENDERGAST (1957), au Nigeria. Les apports de calcium, très étudiés par les agronomes dans le cadre des travaux sur la restructuration des sols de palmeraies, ne modifient pas significativement l'incidence de la fusariose (FRANQUEVILLE et RENARD, 1988).

Tableau 2. Effet du paillage de rafles sur l'incidence de la fusariose chez deux catégories d'hybrides (C1001 et C1401) (en pourcentage).

	C 1001		C 1401	
	Fc	Fe	Fc	Fe
1 apport	16,1	1,8	34,1	7,1
2 apports	22,6	6,0	38,9	13,5
Témoin	8,9	0,0	15,5	0,0

Fc : % de fusariose cumulée  
 Fe : % de fusariose exprimée à six ans

### LE PAILLAGE DE RAFLES

Les rafles constituent les résidus d'usine obtenus après égrappage des régimes. Elles sont fréquemment utilisées en plantation pour fournir un mulch au pied des palmiers ou sur l'interligne. Leur apport autour du jeune arbre dès la mise en place accroît significativement l'incidence de la fusariose (tableau 2 ; RENARD et FRANQUEVILLE, 1991).

En revanche, le paillage disposé dans l'interligne en plantation adulte n'a pas d'effet sur le développement de la maladie, mais on ignore encore les conséquences qu'il peut avoir sur les futures replantations.

### LE COUVERT VÉGÉTAL

Le couvert végétal a une action sur la fusariose, le maintien d'un sol nu, chimiquement ou manuellement, réduit le pourcentage de fusariose par rapport au maintien d'une légumineuse, telle que *Pueraria javanica*, *Centrosema pubescens* et *Calopogonium caeruleum*, cette dernière étant la plus favorable à l'expression de la fusariose (FRANQUEVILLE et RENARD, 1988). Il n'est cependant pas envisageable, pour d'évidentes raisons agronomiques, de préconiser le maintien d'un sol nu.

Ces différents facteurs peuvent jouer un rôle sur les facteurs biotiques et abiotiques intervenant dans la réceptivité des sols à *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* ou dans le maintien de leur potentiel infectieux, dont la résultante détermine la gravité de la maladie. ABADIE et al. (1994) ont montré, à partir d'un test d'inoculation sur le lin, corrélé avec le test d'inoculation sur le palmier, que différentes plantes de couverture peuvent induire des modifications de la réceptivité des sols aux fusarioses vasculaires. L'effet du sol nu n'est pas de nature biotique mais relève plutôt de facteurs liés à la compétition hydrique. En revanche, les mesures de réceptivité ont montré que les rafles, dans un sol préinfesté, favorisent le développement de la flore fusarienne (ABADIE et al., 1996).

Plusieurs techniques culturales peuvent être plus ou moins favorables à l'expression du parasite, cependant, même en utilisant les méthodes les plus appropriées, l'utilisation d'un matériel végétal résistant est indispensable.

## Les maladies à *Phytophthora*

Les *Phytophthora* peuvent provoquer des maladies strictement telluriques lorsque les organes souterrains sont spécifiquement infectés : c'est le cas du dépérissement de l'avocatier et de la gommose des agrumes, qui seront traités ci-dessous. Les maladies à *Phytophthora* des organes aériens, telles que la pourriture brune des cabosses du cacaoyer, seront traitées plus loin. Ces deux types d'affection appellent des modalités particulières de lutte.

### LE DÉPÉRISSEMENT DE L'AVOCATIER LIÉ À *PHYTOPHTHORA*

Le dépérissement dû à *Phytophthora* étant présent dans la quasi-totalité des vergers d'avocatiers et parmi les peuplements subspontanés, les recherches de méthodes de lutte efficaces ont été nombreuses et variées.

Parmi les mesures préventives recommandées, il faut mentionner l'utilisation en pépinière de plants non contaminés, en prenant la précaution de cueillir les fruits destinés à fournir les noyaux et de ne pas les ramasser à terre.

Ensuite, le choix de l'emplacement du verger devra tenir compte des facteurs favorables à la maladie, une forte humidité en particulier, afin d'éviter de planter dans ces conditions.

Il existe actuellement plusieurs produits fongicides utilisables soit pour la désinfection totale du sol, soit pour des traitements répétés du sol, soit en application foliaire.

La désinfection totale du sol est pratiquée avec succès pour les pépinières ou pour la désinfection des substrats des cultures hors-sol, avant la plantation. On peut utiliser le bromure de méthyle à la concentration d'environ 50 grammes par mètre carré et divers fumigants, dont l'application est toutefois très onéreuse et en général réservée aux petites surfaces des pépinières.

Pour les traitements périodiques des sols de vergers plantés, divers fongicides ont été expérimentés puis utilisés mais les résultats ont été médiocres et ce type de traitement est assez contraignant et onéreux (FROSSARD et BOURDEAUT, 1974).

Plusieurs fongicides ont été expérimentés dont le métalaxyl (Ridomil), en application au sol, à la dose d'environ 1 gramme de matière active par arbre de 5 ans, toutes les 8 semaines. Les résultats sont excellents mais cette matière active est réputée pour sélectionner des souches de *Phytophthora* résistantes et son emploi ne peut être généralisé sans précaution.

Enfin, des applications foliaires de phosétyl-Al donnent d'excellents résultats dans la protection des racines contre les attaques à *P. cinnamomi* tant en pépinières (MOURICHON *et al.*, 1984) qu'en plein champ (FROSSARD *et al.*, 1977 ; LAVILLE, 1980 ; BERTIN *et al.*, 1983). Le phosétyl-Al a, en effet, la propriété de migrer du feuillage vers les racines et d'empêcher le développement des nécroses. Il est appliqué par pulvérisations foliaires périodiques, dont le rythme peut varier avec les conditions climatiques de chaque région, à la dose d'environ 200 grammes de matière active par hectolitre d'eau (environ 10 à 15 litres de formulation par arbre de 5 à 10 ans). Pour obtenir une bonne efficacité, il est indispensable de traiter régulièrement avant l'apparition des premiers symptômes car tout ralentissement dans l'activité physiologique de l'arbre compromet la bonne migration descendante du phosétyl-Al et son efficacité. De bons résultats ont également été obtenus par injection dans les troncs de faibles doses de phosétyl-Al, à raison de deux injections par an de 0,4 gramme de matière active par mètre carré de frondaison (GAILLARD, 1987).

## LA GOMMOSE DES AGRUMES

### La lutte chimique raisonnée

Pour lutter contre les maladies à *Phytophthora* des agrumes, on dispose de plusieurs moyens que l'on utilise totalement ou partiellement, seuls ou en association, selon les circonstances, les impératifs économiques et les organes atteints (BOCCAS et LAVILLE, 1978 ; LAVILLE, 1984).

La lutte chimique, jusqu'à une date récente, consistait essentiellement à badiageonner, après curetage, la zone chancreuse avec une bouillie bordelaise ou une formulation au cuivre. La désinfection immédiate était satisfaisante mais onéreuse et, de plus, on observait fréquemment des reprises d'activité du chancre.

On dispose maintenant de produits fongitoxiques plus efficaces. Le métalaxyl (Ridomil) possède une bonne activité sur *Phytophthora* sp.

En application au sol, à la dose d'environ 0,2 gramme par litre en arrosage, cette matière active assure une bonne protection contre les attaques racinaires et sa systémicité ascendante lui permet également de guérir les chancres des troncs et des branches charpentières. Elle est également efficace en peinture du tronc à 60 grammes de matière active par litre. Comme cela a été indiqué précédemment, les fongicides à base de métalaxyl doivent être utilisés avec beaucoup de prudence car le risque de sélectionner rapidement des souches de *Phytophthora* résistantes à cette matière active n'est pas négligeable (LAVILLE, 1984).

Le phosétyl-Al (Aliette) possède un type d'activité fongitoxique différent. Il n'est pas actif directement sur *Phytophthora*, mais après pénétration et migration dans une variété sensible, il stimulerait chez cette variété la mise en place

de mécanismes de résistance et assurerait donc ainsi une excellente protection (FROSSARD *et al.*, 1977 ; LAVILLE, 1979 ; LAVILLE et CHALANDON, 1982).

Le fongicide doit être appliqué au feuillage et sa systémicité descendante assure une bonne répartition dans les branches charpentières, à la base des troncs et dans les racines. Il permet d'éviter les attaques racinaires insidieuses influant sur le rendement, quel que soit le porte-greffe utilisé. Il arrête totalement le développement des chancres et facilite leur cicatrisation. Il est utilisé à la dose de 2 000 ppm de matière active. On recommande de bien mouiller le feuillage des arbres traités et de l'appliquer à titre préventif sur des arbres encore apparemment sains ou très peu atteints et aux périodes d'activité physiologique intense.

Plus récemment, de nouvelles techniques d'application du phosétyl-Al ont été développées, soit par injection, soit par l'utilisation de colliers (silicone imprégné de matière active). Ces techniques, tout en étant moins contraignantes, confèrent une durée d'efficacité des traitements équivalente à celle des applications foliaires (CHABRIER *et al.*, 1995).

### Les techniques culturales

Comme il est utopique de penser pouvoir planter dans un terrain indemne de *Phytophthora* et de le maintenir longtemps dans cet état, il est préférable d'avoir à l'esprit la menace permanente que ce champignon parasite fait peser sur les vergers (BOCCAS et LAVILLE, 1978).

Compte tenu de l'importance de cette maladie, puisqu'elle atteint des arbres en place à tout âge, l'apport bénéfique des techniques culturales est activement recherché. Parmi celles-ci, certaines sont applicables quelle que soit la variété de porte-greffe ou de semis ; leur emploi est d'autant plus impératif que les variétés sont moins résistantes.

Comme mesures préventives, on recommande tout d'abord, au moment du greffage des plants en pépinière, de greffer assez haut pour éviter que la variété greffée, en général plus sensible que le porte-greffe, ne se retrouve quelques années plus tard trop près du sol, lorsque l'arbre s'est développé (LAVILLE, 1984). Pour cette même raison, il est souhaitable, à la mise en place de la parcelle, de ne pas trop enterrer le jeune arbre et de prévoir, en plantant sur une légère butte, un tassement possible du sol dans les années suivantes.

Il est nécessaire de rappeler qu'il faut veiller très soigneusement au choix du terrain, au drainage des parcelles plantées pour éliminer les excès d'eau, dus soit aux précipitations naturelles trop abondantes, soit aux irrigations intempestives ou mal dirigées, et pour protéger la base des troncs des eaux stagnantes, par un système de double cuvette.

Il est recommandé d'éliminer les herbes présentes au contact du tronc et de faciliter l'aération du pied des arbres par la taille des branches les plus basses.

Des précautions devront être prises pour éviter toute blessure de l'écorce des troncs et de la base des branches charpentières et cela quelle que soit l'origine de ces blessures : frottement de cordes d'attache du bétail, coup de serpe ou de machette, dégâts occasionnés par le passage d'engins, attaques d'insectes et de petits rongeurs.

## Les nématodes du caféier

### LA LUTTE CHIMIQUE

La lutte chimique curative contre les nématodes sur les plantations adultes de caféier présente de nombreuses limitations et des inconvénients : efficacité, coût, toxicité, durée insuffisante de l'effet protecteur (VILLAIN *et al.*, 1995). Il est donc recommandé d'appliquer les traitements chimiques à titre préventif dans la pépinière pour compléter les mesures prophylactiques afin de ne pas disséminer les nématodes. La lutte chimique peut être utilisée également pour

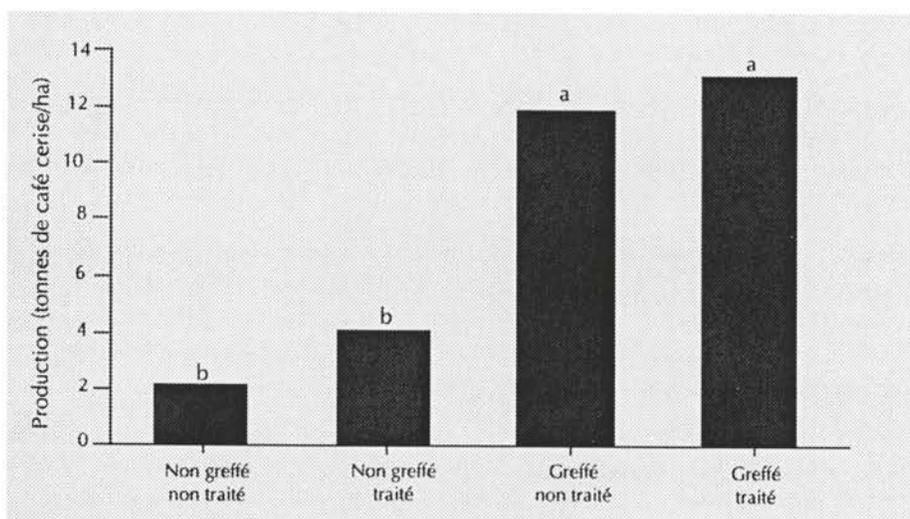


Figure 1. Lutte par greffage et nématicide contre *Pratylenchus sp.* (d'après VILLAIN *et al.*, 1996).

abaisser l'inoculum au champ au moment de la plantation et protéger la plante durant sa croissance avant qu'elle n'entre dans sa phase de production. Cependant, un essai mené au Guatemala sur un site infesté par *Pratylenchus sp.* a montré le faible effet des applications de nématicides sur la production, tant sur les caféiers Arabica de pied franc que sur des plants greffés sur *Coffea canephora* (figure 1 ; voir le chapitre Résistance variétale ; VILLAIN *et al.*, 1996).

## LES TECHNIQUES CULTURALES

### La gestion de la fertilité des sols

Toute pratique culturale dont le but est d'améliorer la nutrition des caféiers permet de diminuer l'impact des nématodes (résistance et tolérance induite) : application d'une fertilisation dès la pépinière, en évitant toute déficience minérale ; correction des pH faibles, en particulier sur les sols d'origine volcanique, fréquents en Amérique centrale, souvent très acides ou bien acidifiés par les apports fréquents et localisés d'azote.

### L'endomycorhization en pépinière

La symbiose entre le caféier et les champignons endomycorhiziens qui colonisent ses racines permet d'accroître considérablement la capacité d'exploration du sol et d'absorption d'éléments nutritifs. Ces éléments, en particulier le phosphore et les oligoéléments, sont transportés par le mycélium externe des endomycorhizes jusque dans les racines, où ils sont échangés contre du carbone produit par le caféier via la photosynthèse.

Au champ, l'intensité de cette symbiose varie avec l'âge du caféier hôte, les conditions écologiques et les pratiques culturales. L'endomycorhization du caféier en pépinière, par addition d'inoculum du champignon au moment du repiquage en sachet permet d'établir efficacement cette symbiose dès le plus jeune stade de développement de la plantule. Cela se traduit, en pépinière, par des gains de croissance allant de 50 % à plus de 100 % suivant les espèces endomycorhiziennes et, au champ, par une réduction de la mortalité à la plantation, une précocité d'entrée en production et un accroissement de 20 à 30 % de la production dans les premières années.

En plus des effets bénéfiques sur la croissance et la nutrition, plusieurs essais en pépinière montrent que la symbiose augmente la tolérance du caféier aux pathogènes et aux parasites telluriques, notamment les nématodes par le biais de plusieurs mécanismes (VAAST, 1995).

La symbiose permet d'accroître la tolérance du caféier hôte en augmentant sa vigueur et en améliorant son statut nutritionnel, notamment en phosphore, lui permettant ainsi de mieux supporter des populations élevées de nématodes, en atténuant les dégâts dans les racines. On maintient ainsi leur capacité d'absorption en modifiant la morphologie du système racinaire (stimulation de la ramification et du développement de radicelles, prolifération des hyphes mycéliennes), ce qui permet de compenser les pertes de biomasse racinaire.

La symbiose peut également augmenter la résistance des plants par action directe sur les nématodes :

- en restreignant, voire en excluant, la pénétration et l'établissement de ces nématodes dans les zones racinaires où la colonisation endomycorhizienne est préalablement établie ;
- en réduisant l'attractivité des racines envers les nématodes ;

– en freinant leur développement et leur cycle de reproduction par le biais d'une altération de l'exsudation racinaire (production de substances antibiotiques et nématicides) et d'une modification de la microflore rhizosphérique (stimulation de *Rhizobacteria* et de microorganismes antagonistes tels que *Trichoderma*, *Bacillus* et *Pseudomonas*).

### La culture sous ombrage

Une pratique culturale fréquente en Amérique centrale, à l'exception de la région centrale du Costa Rica, est la culture du caféier sous ombrage. Les principales espèces d'arbres utilisées à cet effet sont *Erythrina* sp. et *Inga* sp., légumineuses permettant la fixation d'azote dans le sol.

Cet ombrage permet de diminuer l'impact des nématodes, principalement de deux manières, en particulier dans les zones à saison sèche marquée : il crée un microclimat, qui maintient les caféiers dans un état de moindre stress, rendant ceux-ci plus tolérants aux attaques de nématodes et il génère une litière qui diminue le stress hydrique des caféiers pendant la saison sèche d'une durée de cinq à six mois en général dans cette région. Cette litière favorise le développement d'une microfaune et d'une microflore antagonistes des nématodes phytoparasites et améliore, par son apport important de matière organique, la structure physique et la composition chimique du sol.

## Les maladies des organes aériens

Ces maladies qui affectent principalement les fruits et les feuilles sont liées au développement de champignons ou de bactéries.

### Les champignons

De nombreuses espèces de champignons s'attaquent aux parties aériennes des végétaux. Certains sont typiquement des pathogènes ayant une partie importante de leur développement dans le sol comme les *Phytophthora* mais la plupart ont un cycle purement aérien.

#### *PHYTOPHTHORA*

#### La pourriture brune des cabosses du cacaoyer

Comme nous l'avons vu précédemment dans le chapitre Symptomatologie et incidence économique, la pourriture brune des cabosses du cacaoyer est causée par diverses espèces de *Phytophthora*, parmi lesquelles *P. megakarya* qui peut engendrer des pertes en fruits de plus de 50 %. Nous étudierons donc ici particulièrement la pourriture des cabosses due à cette espèce et nous

ferons des parallèles avec les pourritures dues aux autres espèces pour en distinguer les particularités de la lutte chimique.

Pour contrôler cette maladie, compte tenu du coût et de la charge de travail que représente la lutte chimique, la sélection de cacaoyers présentant une moindre sensibilité au champ est un axe de recherche actuellement privilégié. Toutefois, en attendant l'aboutissement d'une solution génétique, le contrôle de la pourriture brune des cabosses dans les pays les plus touchés par cette maladie passe nécessairement par l'emploi de la lutte chimique.

Après la saison sèche, c'est avec la reprise des pluies, qui marque le début d'un nouveau cycle de fructification du cacaoyer, qu'apparaissent les premières attaques. L'évolution de la maladie est ensuite liée à l'intensité de la pluviométrie. C'est donc généralement dès le début de la fructification qu'il est nécessaire d'entreprendre les premiers traitements.

La définition des types de traitement ainsi que des rythmes d'application nécessite la mise en place d'études épidémiologiques fines dans les différentes écologies des zones de production afin de préciser, notamment, l'influence de la répartition des pluies, de la durée des périodes de forte hygrométrie, de l'architecture des arbres et des modes de plantation sur le cycle infectieux. Ainsi, au Cameroun, où seule l'espèce *P. megakarya* est actuellement identifiée, la plus vaste zone de production (région centre et centre-sud) est caracté-

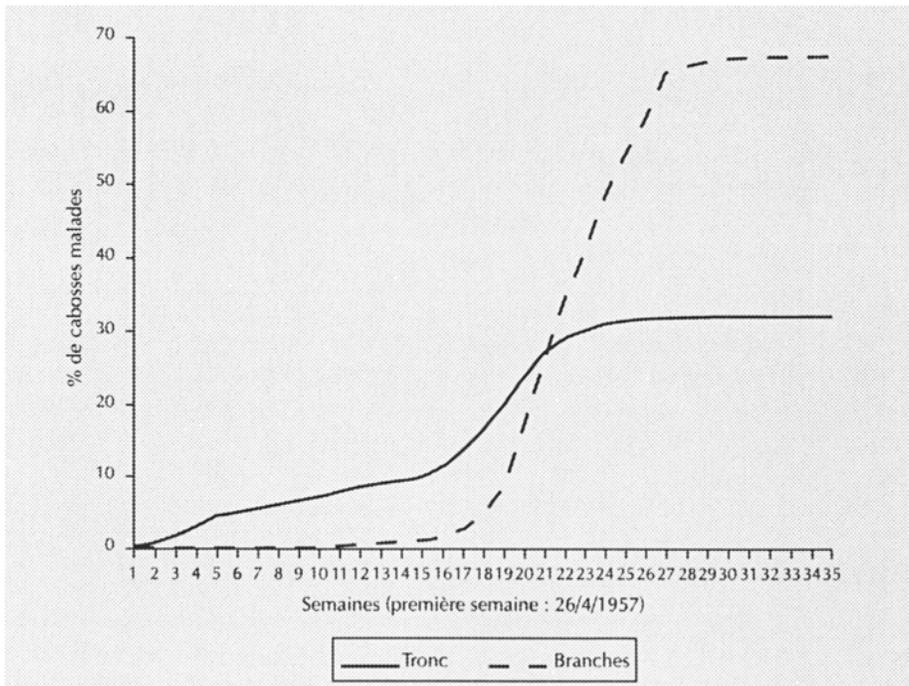


Figure 2. Pourcentages cumulés hebdomadaires de cabosses infectées par *Phytophthora* sp. à différents niveaux des arbres (d'après MULLER, 1974).

Tableau 3. Lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun à l'aide des techniques de pulvérisation ou d'atomisation et d'un fongicide de contact, seul ou en association avec un fongicide à caractère pénétrant.

Modalités techniques et fongicide utilisé	Nombre de traitements	Concentration de la bouillie	Consommation en fongicide
<b>1 : pulvérisation de fongicides de contact</b>			
Première saison des pluies (sur le tronc)			
Intervalle de deux semaines entre les traitements			
Cuivre (oxyde cuivreux) (50 % de Cu)	5 à 6	0,5 % de pc (75 g/15 l)	80 l/ha/t (400 g/t)
Deuxième saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle de deux semaines entre les traitements			
Cuivre (oxyde cuivreux) (50 % de Cu)	5 à 6	0,5 % de pc (75 g/15 l)	250 l/ha/t (1 250 g/t)
<b>2 : pulvérisation de fongicides de contact et pénétrants</b>			
Première saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle de deux semaines entre les traitements			
Cuivre (oxyde cuivreux) (50 % de Cu)	4	0,5 % de pc (75 g/15 l)	180 l/ha/t (900 g/t)
Deuxième saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle de trois semaines entre les traitements			
Ridomil	4	0,33 % de pc (50 g/15 l)	250 l/ha/t (830 g/t)
<b>3 : pulvérisation de fongicides de contact et pénétrants</b>			
Première saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle d'un mois entre les deux traitements			
Cuivre (oxyde cuivreux) (50 % de Cu)	2	1,5 % de pc (225 g/15 l)	180 l/ha/t (2 700 g/t)
Deuxième saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle d'un mois entre les deux traitements			
Ridomil	2	1 % de pc (150 g/15 l)	250 l/ha/t (2 500 g/t)
<b>4 : atomisation de fongicides de contact et pénétrants</b>			
Première saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle d'un mois entre les deux traitements			
Cuivre (oxyde cuivreux) (50 % de Cu)	2	4,5 % de pc (450 g/10 l)	80 l/ha/t (3 600 g/t)
Deuxième saison des pluies (sur l'arbre entier)			
Intervalle d'un mois entre les deux traitements			
Ridomil*	2	2 % de pc (200 g/10 l)	140 l/ha/t (2 800 g/t)

pc : produit commercial

t : traitement

\*Ridomil : fongicide pénétrant Ridomil plus 72 wp (Novartis), 12 % de métalaxyl et 60 % de Cu

risée par un climat de type équatorial comprenant deux saisons des pluies (d'avril à juin et de septembre à novembre) et deux saisons sèches (NYASSE, 1997). Lors de la première saison des pluies, le traitement des seules cabosses du tronc, qui sont principalement atteintes durant cette période, peut parfois se révéler suffisant, ce qui permet de limiter la consommation de fongicide (figure 2 ; MULLER, 1974, 1984 ; BERRY et TAFFOREAU 1991 ; tableau 3). Ce schéma n'apparaît toutefois pas généralisable aux zones de production ayant un régime climatique différent comme c'est le cas dans l'ouest du Cameroun, où la saison des pluies est plus importante.

La pulvérisation de fongicides de contact à base de cuivre est la méthode de contrôle la plus employée. Dans certains pays comme le Brésil, où l'espèce *P. capsici* prédomine, la faible incidence de la maladie permet un contrôle de l'épidémie, avec seulement deux applications de fongicides cupriques, mais en utilisant toutefois des bouillies à teneurs élevées en cuivre (2 % de Cu métal). Dans les pays où est présente l'espèce *P. megakarya*, il est nécessaire de réaliser un grand nombre de passages avec des fongicides de contact ou d'employer des molécules ayant un caractère systémique ou pénétrant plus efficaces et présentant une plus grande rémanence, ce qui autorise l'espacement des traitements. Le métalaxyl additionné de cuivre, comme le Ridomil plus 72wp, est souvent préconisé (DAVOUS *et al.*, 1984).

Toutefois, l'augmentation de l'espacement des traitements à l'aide du Ridomil plus 72wp à simple dose peut être limité au cours de la première saison des pluies. Cette difficulté à augmenter l'intervalle entre les traitements jusqu'à la limite que permettrait la durée d'activité du fongicide tient au fait que la floraison est très étalée dans le temps et que les cabosses se forment donc de façon très échelonnée : celles qui apparaissent entre deux passages ne sont pas protégées et peuvent être très vite attaquées. Cela a été montré, particulièrement au Togo, où la première saison des pluies, qui est la plus arrosée, donne à la maladie un caractère de grande gravité dès le départ, contrairement à ce qui se passe par exemple au Cameroun. L'espacement des traitements n'est donc parfois possible qu'en deuxième saison des pluies lorsque toutes les cabosses sont en place et reçoivent tous les traitements. Compte tenu du mode d'action du métalaxyl, il est apparu nécessaire de mettre en place une stratégie antirésistance, privilégiant une alternance de produits fongicides au cours de la campagne. Elle s'est montrée, jusqu'à présent, parfaitement efficace.

Ainsi, au Cameroun (tableau 3), la protection phytosanitaire peut être assurée à l'aide des techniques de pulvérisation ou d'atomisation d'un fongicide de contact (à base d'oxyde cuivreux) ou à caractère pénétrant (Ridomil plus 72 wp). La réduction du nombre de traitements, tout en maintenant une très bonne efficacité, est possible par une augmentation des concentrations en produit fongicide de la bouillie employée (figure 3 ; BERRY et TAFFOREAU, 1991). Une partie de l'économie en main-d'œuvre ainsi réalisée est toutefois à comparer à une élévation du coût d'achat en intrant ; les méthodes de lutte à l'aide de solutions à concentrations élevées et à nombre de traitements réduits ne

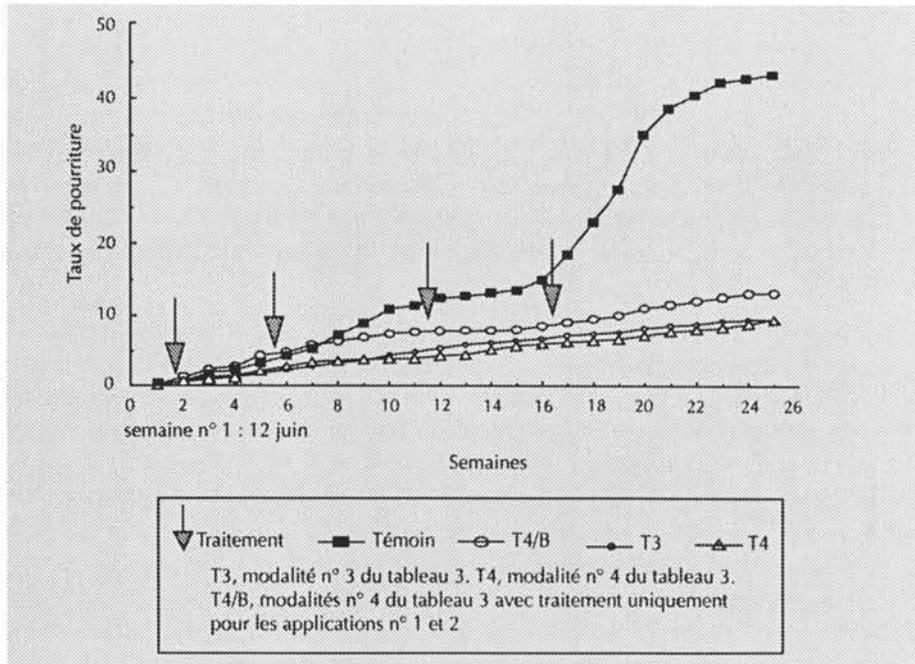


Figure 3. Lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun (d'après BERRY et TAFFOREAU, 1991).

sont donc à mettre en œuvre que sur des parcelles potentiellement productives, dans lesquelles une pression infectieuse élevée est enregistrée.

Une autre technique de traitement consiste à injecter du phosétyl-Al dans le tronc (10 à 20 grammes par arbre et par an). Elle a permis de réduire de moitié l'incidence de la maladie avec *P. palmivora* (15 % contre 30 % pour le témoin) en Côte d'Ivoire (KEBE, 1989). Ce type de traitement s'est, en revanche, révélé sans effet à court terme avec *P. megakarya*, au Cameroun.

Compte tenu de la grande hétérogénéité du milieu complexe que représente la cacaoyère (variation de l'ombrage, du sol, défrichage imparfait, géotypes de cacaoyers multiples en mélange, différence de pression infectieuse d'un endroit à l'autre, etc.), il a été nécessaire d'élaborer un schéma d'expérimentation pour compléter les plans traditionnels d'essais, qui reposent sur la comparaison de parcelles constituées de groupes d'arbres. Il a ainsi été montré qu'il était possible de réduire la taille de la parcelle élémentaire jusqu'à l'arbre (MARTICOU et MULLER, 1964).

De plus, afin de se situer dans un milieu aussi homogène que possible, cette réduction de la parcelle élémentaire a conduit, pour l'évaluation de la valeur fongicide d'une formulation, à travailler sur des groupes de cabosses de même effectif, portés par deux arbres proches l'un de l'autre et situés dans le même environnement, avec l'apport d'un inoculum abondant, sous forme de

5 cabosses malades en couronne au pied de chacun de ces arbres selon la méthode des couples miniaturisée (MULLER *et al.*, 1969).

Etant donné le coût et la charge de travail que représente la lutte chimique nécessaire au contrôle de cette maladie, notamment dans les zones de production les plus atteintes, la mise en œuvre de méthodes agronomiques, entraînant des conditions défavorables au développement du pathogène, peut être un complément à la lutte chimique pour renforcer l'efficacité des traitements.

Parmi ces méthodes agronomiques, on peut citer la récolte sanitaire, qui consiste à nettoyer les arbres au début de la campagne des restes de la production précédente et à éliminer régulièrement les cabosses malades, sources potentielles d'inoculum secondaire. Toutefois, l'impact de cette mesure est très dépendante des facteurs climatiques. Son action se traduit surtout par une diminution de la vitesse d'évolution de l'épidémie sur les cabosses situées dans les branches, notamment dans des conditions de pression infectieuse modérée (PARTIOT, 1984).

On peut également changer l'ambiance générale des cacaoyères en réduisant l'humidité ambiante de la cacaoyère, qui favorise les attaques : l'éclaircissement de l'ombrage ou sa suppression sont de bonnes mesures, mais qui exigent en contre-partie une vigilance accrue à l'égard des insectes, et en particulier des hémiptères piqueurs tels que les mirides, les psylles et les cochenilles, ainsi qu'une alimentation minérale convenable. Enfin, afin de faciliter les traitements chimiques, le maintien des cacaoyers à une hauteur les rendant accessibles aux pulvérisateurs doit être conseillé : 3,5 mètres de hauteur au total devrait être la limite acceptable, car au-delà les cabosses hautes échappent aux traitements ; une fois malades, elles sont sources de contamination pour les cabosses plus basses, ce qui contribue à réduire l'efficacité de la lutte chimique.

En conclusion, le choix de la méthode de lutte à mettre en œuvre doit se faire en fonction de la nature du matériel végétal, des particularités écologiques de la cacaoyère à protéger, du degré de pression infectieuse, et de son niveau potentiel de productivité ; la lutte chimique, qui permet de diminuer les lourdes pertes dues à la pourriture brune, doit en effet être en mesure d'apporter aux producteurs un bénéfice supérieur à son coût.

Ces traitements permettent de réduire les pertes de 50 à 10 % et leur coût équivaut à 150 à 200 kilos de cacao marchand. Le calcul de la rentabilité des traitements fongicides est rendu difficile par le fait que la pourriture brune n'est pas le seul facteur limitant la production. En effet, les hémiptères *Miridae* occasionnent généralement des pertes importantes et l'amélioration de la production ne peut être obtenue que par des traitements fongicides et insecticides.

Les pourritures à *Phytophthora* du cocotier

Dès l'identification de la première manifestation des symptômes de *Phytophthora* en plantation de cocotier, le planteur n'a pas d'autre choix que d'inter-

venir par la lutte chimique pour arrêter ou pour ralentir la progression de la maladie, qui se traduit soit par la mort du cocotier dans le cas d'affectation du bourgeon terminal (pourriture du cœur), soit par une chute prématurée des noix.

L'architecture du cocotier, avec un stipe unique, constituée d'un assemblage de vaisseaux conducteurs et d'un système racinaire fasciculé formé de grosses racines primaires (assez superficielles) se prête particulièrement bien à l'absorption de formulations fongicides à effet systémique.

Plusieurs techniques de traitement ont été envisagées. En Côte d'Ivoire, où, sur les hybrides Nain Jaune Malaisie x Grand Ouest Africain, la pourriture à *P. kat-*

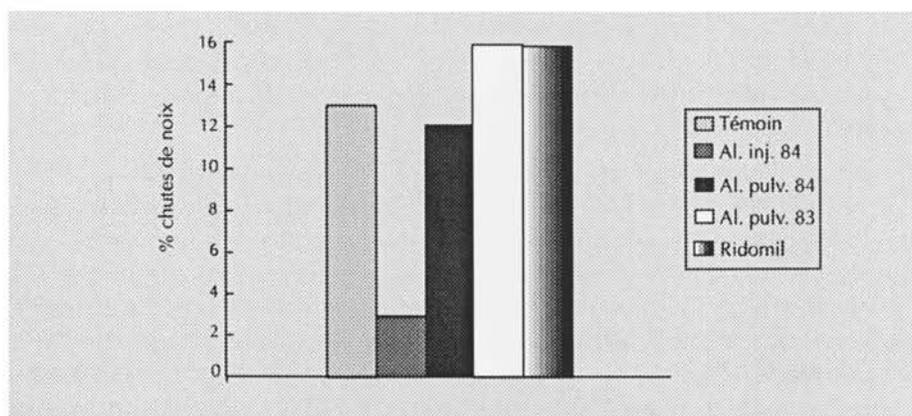


Figure 4. Lutte contre *Phytophthora katsurae* du cocotier : bilan des chutes de noix sur deux années de récolte (d'après FRANQUEVILLE et RENARD, 1989).

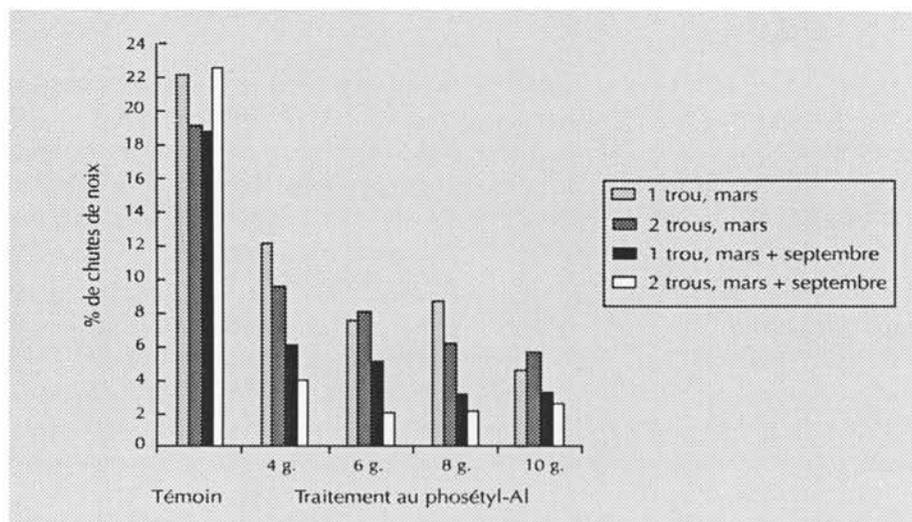


Figure 5. Bilan des chutes de noix de cocotier sur deux années de récolte après différents types de traitements au phosétyl-Al par injection (d'après FRANQUEVILLE et RENARD, 1989).

*surae* a une incidence plus importante sur les noix que sur le cœur, des pulvérisations de 7,5 grammes de phosétyl-Al dans la couronne se sont montrées totalement inefficaces (figure 4). Il en a été de même avec l'injection dans le stipe, préalablement perforé, de 3,2 g de métalaxyl. En revanche, une injection de 8 grammes d'Aliette (à 80 % de phosétyl-Al) par arbre permet de limiter la chute des noix en dessous de 5 % pendant au moins deux ans (FRANQUEVILLE et RENARD, 1989).

La période la plus favorable au traitement se situe entre avril et juin, avant la saison des pluies. Une répétition du traitement en septembre renforce l'efficacité tout comme la répartition du produit dans 2 trous diamétralement opposés (figure 5). Dans l'ensemble des essais, l'efficacité du traitement s'est maintenue pendant au moins deux années. Il est à noter que ce mode de traitement n'est pas dommageable pour le cocotier et qu'aucune mortalité ou cassure du stipe n'a été constatée. Ce traitement a par ailleurs été appliqué avec succès à grande échelle en Côte d'Ivoire sur des plantations industrielles de cocotier de plusieurs centaines d'hectares.

En Indonésie, la pourriture du cœur due à *P. palmivora* domine et occasionne des pertes importantes, dès le jeune âge, sur les hybrides Nain Jaune Nias (ou NJ Malaisie) x Grand Ouest Africain. Les expériences de traitement par absorption radiculaire se sont révélées source de facteurs de variation liés à la vitesse, à la qualité de l'absorption du produit, en particulier avec une formulation du fongicide en poudre mouillable, et à l'hétérogénéité observée d'un arbre à l'autre (THÉVENIN *et al.*, 1995). L'injection dans le stipe élimine ces aléas et assure une meilleure homogénéité des résultats ainsi qu'un coût de traitement moindre que la mise en œuvre du traitement par absorption radiculaire. Les auteurs recommandent en définitive de traiter par injection dans le stipe en début de saison des pluies à raison de 8 grammes d'équivalent acide phosphoreux, sous forme de Foli-R-Fos ou d'Aliette, à défaut d'utiliser l'acide phosphoreux tamponné, particulièrement soluble mais non homologué. Dans ce cas, l'utilisation de seringues injectrices de type Chemjet®, dont l'intérêt est à confirmer, constituerait le moyen le plus approprié pour réduire au minimum la blessure occasionnée dans le stipe et pour appliquer une forte dose de matière active dans un faible volume. L'absorption radiculaire, bien qu'elle donne des résultats moins fiables, serait réservée aux jeunes cocotiers pour lesquels les tissus du stipe sont encore trop tendres pour être perforés.

Les recherches conduites pour lutter contre les maladies à *Phytophthora* du cocotier ont abouti à proposer des méthodologies simples, techniquement accessibles au planteur pour lui permettre de préserver le capital investi et de conserver le potentiel de production. En zone potentiellement propice au développement épidémique de la pourriture du cœur et de la chute des noix, les traitements préventifs, tous les deux ou trois ans, sont vivement recommandés.

## La maladie des raies noires de l'hévéa

Cette maladie, liée à *Phytophthora palmivora*, qui peut entraîner la destruction des panneaux de saignée, peut être évitée en réalisant des traitements préventifs. Plusieurs fongicides peuvent être utilisés : métalaxyl, folpel, cymoxanil, oxadixil ou phosétyl-Al en solution variant de 1 à 2 % en fonction des conditions climatiques et de l'importance de l'attaque. Ces traitements sont effectués sur l'encoche et le panneau essentiellement en badigeon durant la saison des pluies et, en général après chaque saignée. Afin de s'assurer de la qualité du travail, on colore la solution fongicide avec de l'éosine (DELABARRE et SERIER, 1995).

## COLLETOTRICHUM

### L'antracnose des feuilles de l'hévéa

Les attaques de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz se produisent sur de jeunes feuilles de moins de 3 semaines au moment de la refoliation qui a lieu pendant la saison pluvieuse, favorable au développement du champignon. La lutte chimique à l'aide de fongicide se révèle de réalisation très difficile en fonction de la taille des hévéas et de la fréquence à laquelle il faudrait réaliser ces traitements. La lutte par esquivage consiste à provoquer artificiellement une défoliation anticipée des hévéas afin d'entraîner une refoliation prématurée des arbres avant la saison des pluies et donc à une période non favorable au développement du champignon. Expérimentée en Malaisie, la technique a été mise en œuvre à grande échelle à partir de 1974 à l'aide de divers herbicides ou du cacodylate de sodium (YUSSOF-AZALDIN et RAO, 1974). La méthode a été reprise au Cameroun en utilisant l'éthéphon, précurseur de l'éthylène (SÉNÉCHAL, 1986), puis au

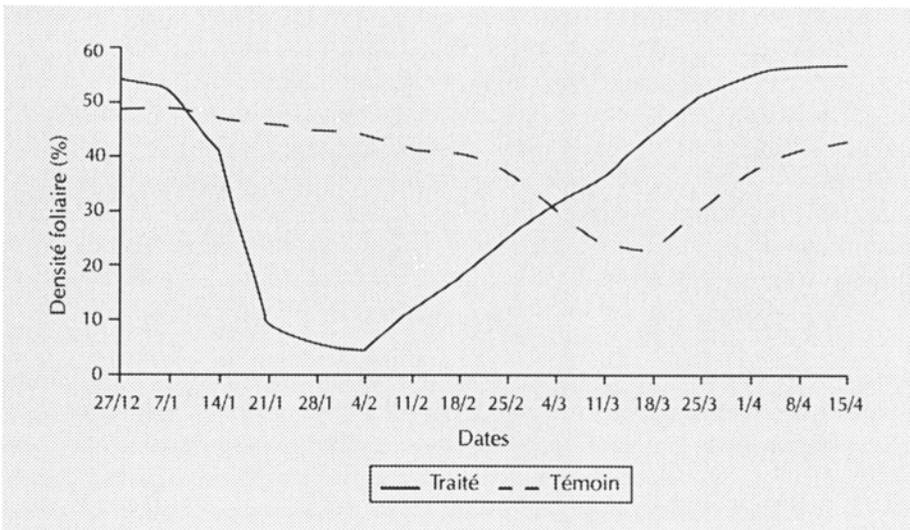


Figure 6. Evolution de la densité foliaire de parcelles d'hévéa défoliées et non défoliées artificiellement (d'après GUYOT, non publié).

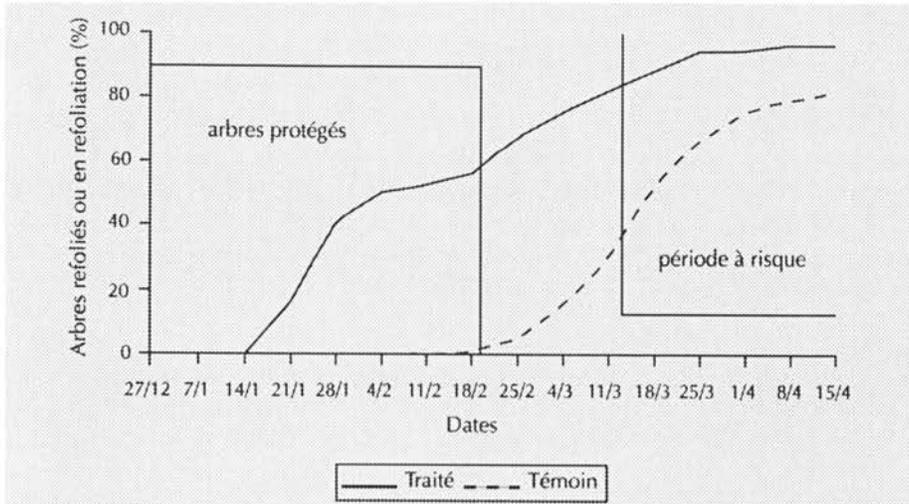


Figure 7. Taux de refoliation de parcelles d'hévéa défoliées et non défoliées artificiellement (d'après GUYOT, non publié).

Gabon avec plusieurs matières actives dont l'éthéphon à la dose de 3 litres par hectare dilués dans 37 litres d'eau (ANONYME, 1995, 1996).

La figure 6 permet de suivre parallèlement la défoliation obtenue avec l'éthéphon et celle de parcelles non traitées dans le cas d'un GT1 de 10 ans. La défoliation naturelle est progressive et ne se déclenche réellement qu'aux alentours du 15 février. Elle est incomplète, laissant environ 20 % de feuillage. A l'inverse, l'application d'éthéphon provoque une défoliation brutale et presque totale, en avance d'environ un mois et demi sur la défoliation naturelle.

La figure 7 représente dans les deux cas le pourcentage d'arbres en cours de refoliation ou l'ayant achevée. La refoliation naturelle débute entre le 15 et le 20 février. Elle atteint 50 % le 15 mars, début de la saison pluvieuse. La refoliation consécutive au traitement à l'éthéphon commence peu après la mi-janvier et atteint 50 % des arbres, le 4 février, soit avec plus d'un mois d'avance sur la refoliation naturelle.

Les arbres dont la refoliation est engagée trois semaines avant le début de la période à risque sont protégés à un niveau suffisant pour leur permettre une bonne reconstitution de leur feuillage. La défoliation artificielle assure la protection de 60 % des arbres, alors que dans le cas d'un cycle naturel la quasi-totalité des arbres se trouve exposée aux attaques du pathogène.

L'esquive obtenue par la défoliation artificielle anticipée a permis dans le cas présent un gain de densité foliaire de l'ordre de 25 % par rapport au témoin non traité à la mi-avril.

Certaines années, il peut se produire des pluies précoces survenant pendant la refoliation des zones traitées, ce qui peut entraîner des dégâts et limiter l'effet d'esquive attendu. Le comportement variable des arbres d'une année sur l'autre

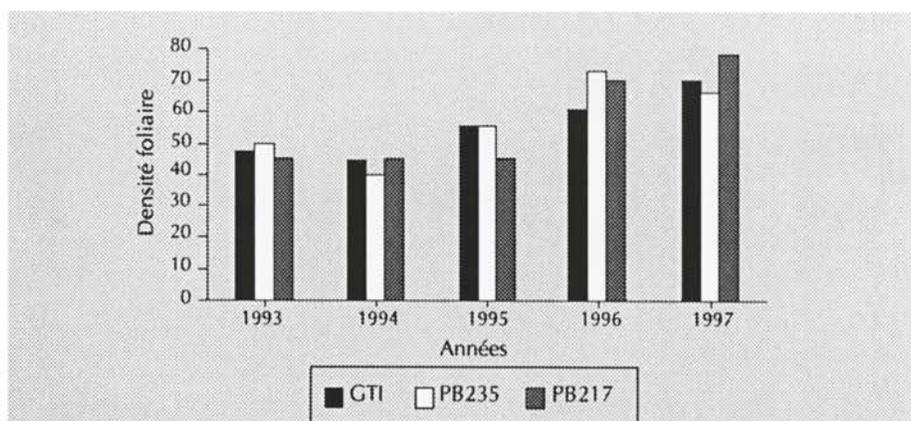


Figure 8. Evolution de la densité foliaire sur une plantation d'hévéa (d'après GUYOT, non publié).

influe aussi sur le bénéfice d'une campagne. Ainsi, l'exemple présenté précédemment correspond à une période de faible défoliation naturelle. En 1994, la défoliation naturelle avait été beaucoup plus marquée et la différence de densité foliaire entre les deux motifs beaucoup plus nette (60 % contre 25 %).

Les résultats varient aussi avec les clones. Certains perdent leurs nouvelles feuilles et en émettent de nouvelles très rapidement (PB235, PB217) et peuvent voir en une seule année une progression rapide de leur densité foliaire. D'autres, tels que GT1, ont une réaction beaucoup plus lente et ne voient leur densité foliaire s'améliorer qu'à la faveur de plusieurs campagnes consécutives (figure 8).

Enfin, l'âge des parcelles influe également de manière différente selon les clones. GT1 est peu réceptif au traitement en phase immature alors que PB235 ou PB260 répondent très bien au traitement à l'éthéphon, même avant leur mise en exploitation. Dans tous les cas cependant, il y a un gain significatif de densité foliaire par l'utilisation répétée de cette méthode.

La lutte par esquive est donc une réponse originale et efficace au problème de l'antracnose des feuilles d'hévéa. De plus, elle apporte dans le même temps une protection contre les dégâts d'*Oidium* qui peuvent se produire avec gravité en juin et en juillet sur des clones très sensibles tels que PB235, si la réfoliation est encore en cours à cette époque de l'année.

En Malaisie, les résultats obtenus font apparaître des gains de production notables à court terme et la technique est considérée comme de bonne rentabilité économique (YUSSOF-AZALDIN et RAO, 1974).

### L'antracnose des baies du caféier

L'antracnose des baies du caféier Arabica (*Coffee berry disease*), due à *Colletotrichum kahawae*, se rencontre essentiellement dans les zones de production d'altitude, où les conditions climatiques sont fraîches et humides (au-dessus de

1 000 mètres). Compte tenu des dégâts importants qu'elle provoque et du fait qu'il n'est pas possible de proposer à grande échelle des variétés commerciales présentant des caractères de résistance satisfaisants au champ, la lutte chimique reste indispensable.

### La lutte chimique

Le principal produit fongicide employé actuellement est le cuivre, souvent associé au chlorothalonil, malgré les risques de phytotoxicité lors du premier traitement pour les solutions à base de cuivre (MULLER, 1978). D'autres fongicides appartenant aux familles des dithiocarbamates, benzimidazoles ou triazoles existent aussi sur le marché phytosanitaire.

Dans les zones où seule l'antracnose des baies est présente, les traitements au cuivre ont été complétés par des traitements avec des fongicides organiques, plus efficaces, mais aussi plus coûteux, comme le captafol, actuellement retiré du marché pour des raisons de toxicité sur l'homme, et d'autres fongicides présentant un caractère systémique comme le bénomyl, le dithianon et le carbendazime. Toutefois, l'apparition de tolérances à des doses importantes de bénomyl et de carbendazime, due à un usage intensif de ces molécules dans les programmes de traitements, a réduit la gamme de matières actives et les possibilités d'alternance ou d'association. La résistance acquise par l'agent pathogène s'est révélée très stable, même sans pression de sélection par une matière fongicide.

Dans les zones où coexistent l'antracnose des baies et la rouille orangée, les fongicides organiques sont mélangés aux composés cupriques. Ces traitements mixtes sont largement répandus en Afrique de l'Est. Au Kenya, les principaux mélanges associent le chlorothalonil ou le manèbe au cuivre avec une consommation moyenne par traitement de 7 kilos de produit commercial par hectare.

Quel que soit le type de produit fongicide employé, le schéma d'intervention est un facteur important qui va conditionner l'efficacité de la protection phytosanitaire. La mise en œuvre de traitements postfloraux couvrant la période de sensibilité des baies est à la base de l'élaboration, dès 1959 au Cameroun, des calendriers d'intervention développés actuellement (MULLER, 1964 ; MULLER et GESTIN, 1967). La sensibilité du fruit varie au cours de son développement ; après une phase de faible sensibilité, qui s'étend jusque vers la sixième semaine après la floraison, le fruit devient très sensible entre la huitième et la douzième semaine. Cette sensibilité disparaît après la phase d'expansion du fruit, soit environ après la vingtième semaine suivant la floraison. La figure 9 indique la position dans le temps et l'évolution qualitative de l'infection (courbe A), des pertes (courbes B) et du coefficient de sensibilité des baies (courbe C), pour une floraison naturelle, F2 survenant le 1<sup>er</sup> mars. Pour une floraison précoce F1 provoquée par l'irrigation début janvier, la position dans le temps et l'évolution du coefficient de sensibilité des baies sont représentées,

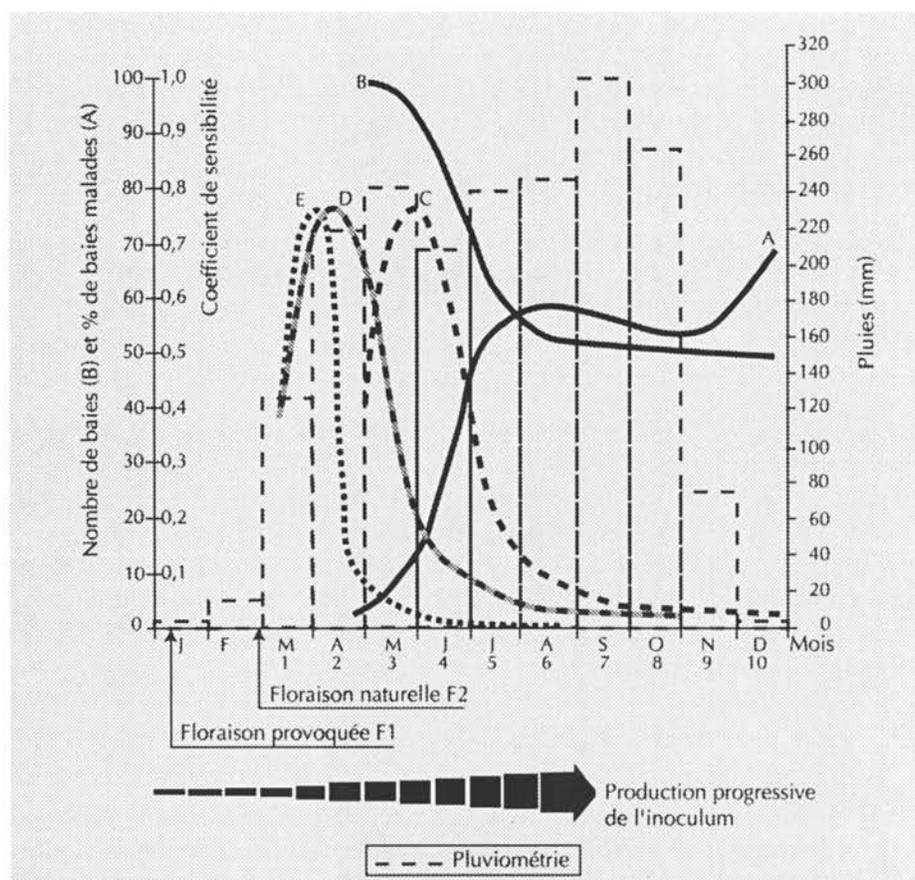


Figure 9. Anthracose des baies du caféier : évolution de l'infection (A), du nombre total de baies (B), de la sensibilité des baies à la date de floraison (C, D, E) (d'après MULLER, 1978).

pour une croissance normale de celles-ci, par la courbe D et, pour une croissance accélérée, par la courbe E. On notera que, du fait de sa production progressive, l'inoculum est très faible au moment où les baies de F1 sont les plus sensibles et de plus en plus abondant ensuite, assurant une infection importante des baies de F2.

La coïncidence entre la phase de sensibilité maximale des baies et la période de précipitations intenses favorables au développement du champignon donne à cette maladie son caractère de grande gravité. La première intervention doit être réalisée après la nouaison. Ensuite, le nombre et le rythme des traitements sont sous la dépendance du régime pluviométrique rencontré : une seule saison des pluies en zone à climat de type tropical comme dans la zone de culture de l'Arabica du Cameroun ; ou deux saisons pluvieuses annuelles en zone à climat de type équatorial, comme au Kenya, qui s'accompagnent chacune d'une production, ces deux productions se chevauchent et

se contaminent mutuellement. De même, la nature du fongicide employé détermine le rythme des applications. Si les fongicides cupriques nécessitent des traitements toutes les deux semaines en régime pluviométrique élevé, les fongicides organiques à caractère systémique ou pénétrant permettent d'espacer les traitements toutes les trois semaines dans les mêmes conditions.

Au Kenya, la présence de deux populations de baies en permanence sur les arbres, chacune étant issue de l'une des deux floraisons, source de contamination pour l'autre, entraîne une forte pression d'inoculum. Le nombre de traitements nécessaires est ainsi supérieur à douze par an. Cette protection se fait à l'aide d'un mélange de fongicides organiques et cupriques.

Au Cameroun, compte tenu du régime annuel de pluviométrie rencontré et de la nature des fongicides utilisés, le nombre de traitements nécessaires varie de cinq à sept par an (tableau 4). Un programme de traitements a été déterminé

Tableau 4. Schéma de traitement contre l'antracnose des baies appliqué au Cameroun selon la nature du fongicide utilisé.

	Fongicides de contact (7 traitements)	Fongicides pénétrants (5 traitements)
Premier traitement	2 semaines après la floraison	2 semaines après la floraison
Deuxième traitement	5 semaines après le premier	5 semaines après le premier
Troisième traitement	4 semaines après le deuxième	4 semaines après le deuxième
Quatrième traitement	3 semaines après le troisième	4 semaines après le troisième
Cinquième traitement	2 semaines après le quatrième	3 semaines après le quatrième
Sixième traitement	2 semaines après le cinquième	-
Septième traitement	2 semaines après le sixième	-

expérimentalement. Indépendamment du type de fongicide utilisé, le premier traitement est fixé deux semaines après la floraison principale afin de protéger préventivement les très jeunes fruits avant qu'ils n'aient atteint leur stade de sensibilité. Le deuxième traitement doit être réalisé cinq semaines après le premier et le troisième quatre semaines après le deuxième. Ensuite, les traitements doivent être effectués à un rythme dépendant de la nature du fongicide utilisé, à une cadence de plus en plus rapide compte tenu de l'intensité croissante des pluies.

Ce schéma de traitement permet une protection jusqu'à la 20<sup>e</sup>, voire la 22<sup>e</sup> semaine de développement des fruits, ce qui correspond à la fin de leur période de sensibilité. Dans des zones très fortement atteintes par la maladie, où des pertes de l'ordre de 80 % sont enregistrées en l'absence de traitement comme au Cameroun, les applications de fongicides organiques réalisées selon ce schéma permettent de réduire les pertes à environ 30 % (BERRY *et al.*, 1991).

Le mode d'application le plus largement utilisé est la pulvérisation à haut volume. Il est en effet nécessaire d'utiliser 0,8 litre par caféier et par traitement. Pour un hectare de 1 200 pieds de caféier, près de 1 000 litres de bouillie par passage sont donc appliqués, soit environ 5 kilos de produit commercial. Compte tenu du coût en matière fongicide qu'entraîne la lutte chimique, elle ne peut être mise en œuvre que dans des plantations suffisamment productives et dans un contexte économique favorable.

Tableau 5. Pourcentages de baies malades par rapport au total de baies par parcelle.

Blocs	Parcelles débarrassées des baies inter-saisonnières ou contaminées	Parcelle témoin
A	9,43	21,01
B	2,96	25,83
Moyenne	6,20	23,42

Différences significatives à P = 0,01.

Pour un prix d'achat au planteur de 1 000 F cfa par kilo, on estime que 5 traitements à l'aide d'un fongicide pénétrant représentent de 200 à 250 kilos de café marchand. Les traitements ne sont donc rentables qu'au-delà d'une production potentielle de 500 kilos par hectare.

### La lutte par des techniques culturales

Afin d'optimiser les traitements chimiques, l'élimination des sources identifiées ou potentielles d'inoculum, comme les baies malades des récoltes précédentes, chevauchantes ou non, peut être envisagée (tableau 5 ; MULLER, 1978). En effet, les récoltes sont souvent imparfaites, la quantité de fruits non récoltés pouvant atteindre 20 %. De même, dans les pays présentant une seule récolte annuelle, des floraisons sporadiques hors-saison peuvent aboutir à la présence de fruits verts pouvant servir de relais pour le parasite.

Dans le cas d'une main-d'œuvre familiale ou de faible coût et dans une période de bonne rémunération du café, l'élimination de ces baies pourrait constituer une bonne mesure prophylactique à préconiser. Si dans certains pays cette mesure a été encouragée durant la campagne, son effet reste toutefois limité.

Le contrôle de la maladie avec un recours à l'irrigation a été expérimenté au Cameroun (MULLER, 1978 ; figure 9). Il s'agit plus particulièrement d'apporter un à deux mois avant les premières pluies la quantité d'eau nécessaire pour déclencher artificiellement la floraison, et ensuite d'assurer une croissance normale des jeunes fruits par des apports réguliers d'eau. Ce décalage du cycle de production permet à ces jeunes fruits de croître en saison sèche et ainsi d'atteindre leur stade de sensibilité maximale dans une période climatique non adaptée à l'activité de l'agent pathogène.

Cette méthode permet ainsi de retarder le début de l'épidémie et de contrôler la maladie. De plus, elle permet également l'expression du potentiel productif de la plante et assure une croissance accrue des rameaux. Tous les avantages de cette méthode réunis assurent une production régulière de haut niveau, évitant les aléas auxquels sont soumises les floraisons (couleur, non épanouissement des boutons floraux, etc.) et pouvant s'intégrer dans les pratiques agronomiques courantes. Cependant, elle présente l'inconvénient de stimuler les attaques de rouille, qui peuvent toutefois être contrôlées par 2 à 3 applications de fongicide. Si l'irrigation précoce rend possible le contrôle de l'antracnose des baies avec un nombre réduit de traitements chimiques, elle n'a pas encore été appliquée par les planteurs, notamment à cause des difficultés de réalisation dans des contextes économiques peu favorables.

Compte tenu de l'enjeu agronomique que représente cette technique, des travaux d'aménagement des terroirs devraient être envisagés.

#### L'antracnose des fruits du manguier, de l'avocatier et du papayer

Le contrôle du *C. gloeosporioides* passe nécessairement par le blocage de la reprise du développement parasitaire qui suit la période de latence. Il repose sur deux approches.

Les traitements de pré-récolte ont pour objectif de réduire la pression d'inoculum. D'une manière générale, ils sont effectués entre la floraison et la récolte et sont le gage de l'efficacité des traitements de post-récolte (MOURICHON, 1987).

Les traitements de post-récolte sont obligatoires pour inhiber tous les stades de développement du champignon présent sur les fruits à différents moments au cours de leur maturation : germination des conidies dans le cas des contaminations tardives des fruits (juste avant la récolte), formation des *apressoria*, formation des hyphes de pénétration, reprise du développement du parasite en fin de période de latence. Pour cet aspect particulier de la conservation des fruits, on se reportera à l'ouvrage de LAVILLE (1994).

Il existe peu de données sur les traitements de pré-récolte. Les meilleures matières actives qui se sont révélées utilisables sur les manguiers comme sur les avocatiers sont le mancozèbe (3,5 kilos de matière active pour 1 500 litres par hectare) ; le manèbe (3,5 kilos de matière active pour 1 500 litres par hectare) ; le chlorothalonil ou Daconil (2,2 kilos de matière active pour 1 500 litres par hectare) ; l'oxychlorure de cuivre (2,5 kilos de matière active pour 1 500 litres par hectare) ; le bénomyl (400 à 600 grammes de matière active pour 1 500 litres par hectare).

A cette liste, il paraît intéressant d'ajouter le propiconazole (Tilt), moins utilisé, mais qui se révèle particulièrement efficace aux doses comprises entre 200 et 250 grammes de matière active par hectare. De plus, dans beaucoup de cas, l'efficacité des traitements est meilleure avec l'adjonction d'un mouillant aux suspensions fongicides.

Les traitements sont réalisés de manière systématique dès la nouaison, sur un rythme mensuel en saison sèche et bimensuel en périodes humides. Parmi les fongicides de contact, le mancozèbe apparaît actuellement comme la meilleure matière active et les résultats les plus intéressants concernent son utilisation en alternance avec le bénomyl, fongicide systémique. L'intérêt de ce dernier, tout comme l'emploi du propiconazole, est de limiter les risques de lessivage en périodes pluvieuses. L'intérêt économique de cette lutte est bien montré dans le cas de l'antracnose de l'avocatier (COTTIN, 1987).

Rappelons enfin que le rôle de ces traitements de pré récolte est de réduire la pression d'inoculum, s'ils peuvent agir, comme cela a été signalé précédemment, sur certaines étapes du processus infectieux après contamination. Mais ils ne se révéleront vraiment efficaces que s'ils sont associés à des techniques culturales plus classiques qui visent soit à réduire la multiplication de l'inoculum, soit à faciliter les opérations inhérentes aux traitements : éviter, par une taille adéquate, un trop grand développement des arbres afin de traiter la totalité de l'appareil végétatif ; enlever, dans le mois qui précède la floraison, tiges et branchettes nécrosées habituellement porteuses de l'inoculum primaire ; éclaircir pour permettre une bonne aération.

#### LA ROUILLE ORANGÉE DU CAFÉIER

La mise au point d'une méthode de lutte contre la rouille orangée du caféier s'appuie sur une connaissance la plus complète possible de l'épidémiologie et du caractère nuisible de la maladie. Les différents facteurs favorables ou non au développement de la rouille ont donc été étudiés.

#### La pluie

On considère qu'il faut 5 millimètres de pluie pour que la libération des urédospores puisse se produire. L'eau est également nécessaire à la germination et à la pénétration dans la feuille par un stomate. C'est donc après le début des pluies que l'épidémie commence à se développer pour atteindre un maximum à la fin de la saison des pluies (AVELINO *et al.*, 1991).

#### La température

L'optimum de température pour la germination des urédospores est de 22 à 23 °C (NUTMAN et ROBERTS, 1963): Dans le cas d'une forte exposition solaire, la croissance du champignon dans la feuille peut être inhibée totalement. Ce lien avec la température explique la relation inversement proportionnelle entre l'incidence de la maladie et l'altitude qui a été rapportée au Mexique et au Guatemala (figure 10).

#### La charge en fruits

ESKES et SOUZA (1981) ont montré au Brésil que la réceptivité des feuilles varie en fonction de la charge en fruit. Cette liaison a pu être vérifiée au Guatemala

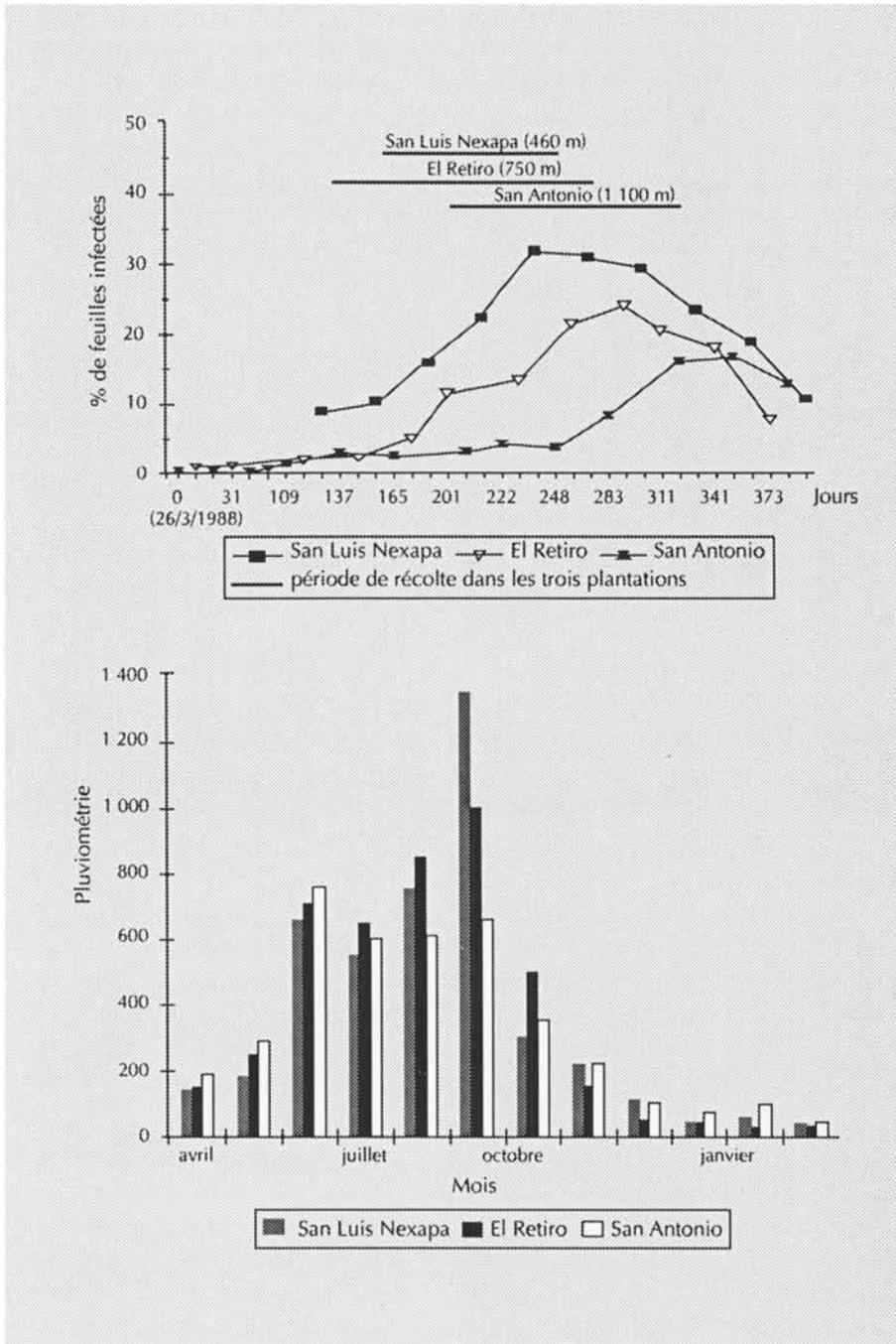


Figure 10. Evolution du pourcentage de jeunes feuilles de caféier infectées par la rouille orangée dans trois plantations du sud-est du Mexique (d'après AVELINO et al., 1991).

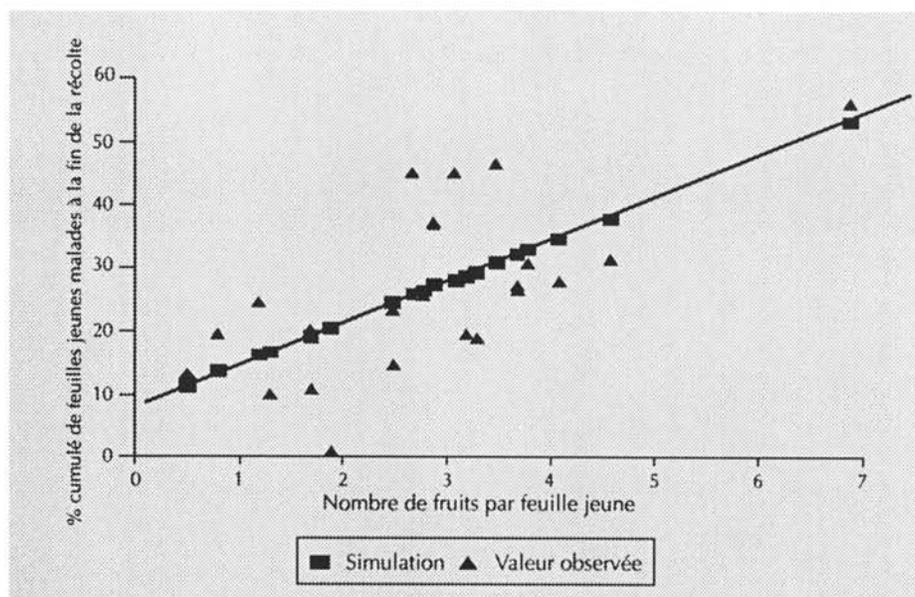


Figure 11. Effet de la charge en fruits sur la rouille orangée (d'après AVELINO et al., 1993).

par AVELINO et al. (1993 ; figure 11). L'effet de la charge en fruits sur la réceptivité des feuilles explique, sur la parcelle, le caractère biennal de l'épidémie de rouille orangée observé dans de nombreux pays d'Amérique centrale, qui va de pair avec la distribution de la production.

### L'inoculum résiduel

L'inoculum résiduel, conservé sur les feuilles infectées qui ont survécu pendant la saison sèche, représente sans doute la principale source d'inoculum primaire (AVELINO et al., 1991). Au Cameroun, les épidémies étaient plus graves sur des parcelles irriguées en raison d'une reprise plus précoce de la sporulation des lésions anciennes (MULLER, 1978). AVELINO et al., (1995) rapportent que, au Guatemala, les parcelles ayant reçu le meilleur traitement cuprique en 1991, et donc ayant conservé un plus grand nombre de feuilles que les parcelles témoin, ont été attaquées plus précocement en 1992.

Dans les zones de production où une saison sèche très marquée sépare deux campagnes, on observe de fortes défoliations et par conséquent la disparition dans une grande proportion des feuilles anciennes porteuses de rouille. La quantité d'inoculum au départ de la saison pluvieuse est ainsi considérablement limitée, ce qui retarde le début de l'épidémie, qui toutefois gêne peu la fructification de l'année puisqu'elle n'atteint son maximum que très tardivement. La défoliation apparaît donc comme un véritable régulateur de l'épidémie.

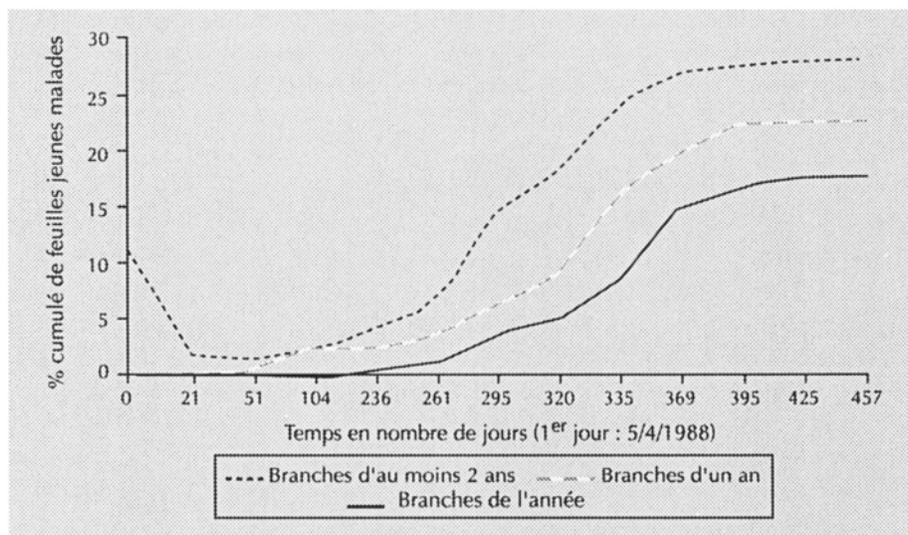


Figure 12. Développement de la rouille orangée au cours du temps en fonction de la situation des branches dans l'arbre sur une plantation à 730 m d'altitude (d'après AVELINO et al., 1991).

### Le développement de la maladie à l'intérieur de l'arbre

L'épidémie a été qualifiée de centrifuge (AVELINO et al., 1991). Le pathogène passe peu à peu des feuilles âgées, à l'intérieur de la plante, vers les feuilles externes et des parties basses vers les parties élevées (figure 12). Il a été montré que 60 % de l'activité physiologique de la plante provient des feuilles reliées aux extrémités des branches, qui ne représentent que 25 % de l'aire foliaire totale (GAUBIAC, 1988). Ce sont notamment les attaques sur ces feuilles jeunes qui sont responsables de la gravité de la maladie.

### La période de récolte

Au Mexique, on a observé que le début de l'épidémie coïncidait avec le début de la récolte et qu'une accélération survenait quand la récolte était bien établie, avec un maximum d'infection en fin de récolte (AVELINO et al., 1991 ; figure 10). Dans ce cas, le caractère tardif de l'épidémie explique que la maladie ne cause pas de dommages sur la production de l'année en cours. Cependant, d'une manière générale, le pic de la maladie se produit avant la récolte et a donc une incidence sur cette même récolte.

### Les domaines de risque

Pour compléter les facteurs précédemment cités, d'autres paramètres, comme le sol, les pratiques culturales, le nombre de passages de récolte, la vigueur des plantes, les densités de plantation ont sans doute une incidence sur le développement de l'épidémie. Une étude, conduite au Honduras, a permis

d'établir une première hiérarchisation de tous ces facteurs, en fonction de leur importance, de mieux moduler les conseils à donner aux planteurs en matière d'application de la lutte chimique, qui ne peut encore faire l'objet de recommandations précises (AVELINO *et al.*, 1997).

### Evaluation des dommages et lutte chimique

En raison de l'action différée de l'incidence des attaques d'une année sur l'autre et de la multiplicité des variables d'ordre physiologique impliquées dans les relations entre la feuille et le fruit, l'évaluation des dommages n'est pas facile à apprécier. Il faut également tenir compte des pertes secondaires liées à une moindre croissance des rameaux des caféiers défoliés. Au Guatemala, on a estimé la perte de la production de l'année 1991, corrélée à l'infection et à la production de l'année antérieure, à environ 20 %, justifiant ainsi le coût de la lutte chimique (AVELINO *et al.*, 1993). Celle-ci consiste en trois pulvérisations à intervalle de deux mois d'un produit à base d'oxyde cuivreux, contenant 50 % de cuivre métallique à une concentration de 0,35 %, pour lutter efficacement dans une zone écologique favorable à la maladie. Parmi les fongicides systémiques, les triazoles comme le cyproconazole et l'hexaconazole sont particulièrement utiles (TOLEDO *et al.*, 1995). En première pulvérisation, l'utilisation de tels fongicides devrait limiter le nombre de pulvérisations cupriques à une seule.

### Conclusion

Même si l'apparition de la rouille orangée en Amérique latine n'a pas eu les effets néfastes que l'on craignait, la mise en place d'une lutte est indispensable dans certaines situations (MULLER, 1971).

Les études, toujours en cours, ne permettent pas encore de recommander des pratiques culturales qui permettraient de passer d'un domaine de risque élevé à un domaine de risque plus faible. Toutefois, dans l'état actuel des connaissances, elles sont d'un grand intérêt pour déterminer les modalités de mise en œuvre de la lutte chimique.

### LA ROUILLE FARINEUSE DU CAFÉIER

Les applications de fongicides cupriques (oxyde cuivreux titrant 50 % de cuivre métal à 0,5 %) se sont montrées efficaces à raison de trois pulvérisations annuelles à un mois d'intervalle, la première étant effectuée un mois après le début des pluies (MULLER, 1975).

### LES AUTRES PARASITES AÉRIENS

#### La cercosporiose du palmier à huile

La lutte chimique constitue la parade la plus efficace contre la cercosporiose du palmier à huile. RENARD et QUILLEC (1983) ont montré qu'en pépinière, le

chlorothalonil et les fongicides composés de manèbe et de méthylthiophanate ou de carbendazime assurent une très bonne protection contre la maladie, supérieure à celle du bénomyl et du méthylthiophanate seul.

L'efficacité d'un traitement dépend davantage de la fréquence d'application que de la quantité de fongicide apportée.

Certaines conditions agronomiques peuvent cependant favoriser le développement de la maladie. Le manque d'eau prédispose les plants à la cercosporiose. En pépinière ou au champ, la maladie est accentuée par les chocs de transplantation, qui doivent donc être évités. De façon générale, l'incidence de la maladie est réduite dès lors que de bonnes pratiques culturales sont adoptées (arrosage, fertilisation en particulier).

### Le balai de sorcière du cacaoyer

Rappelons que ce n'est que par la sélection de matériel végétal résistant que l'on pourra lutter de manière efficace contre le balai de sorcière du cacaoyer. La lutte chimique, du fait de son coût et de la charge de travail, n'est pas recommandée pour l'instant. Des applications de fongicides n'ont jamais donné de bons résultats dans le contrôle du balai de sorcière au champ parce qu'il est difficile de protéger efficacement des jeunes tissus en pleine expansion et en raison de l'absence d'un fongicide pouvant contrôler la croissance du mycélium à l'intérieur des tissus.

Des essais de traitement avec des fongicides à base de cuivre appliqués mensuellement ont permis à l'île de la Trinité de réduire la perte de cabosses et le nombre de balais produits. Toutefois, les mêmes traitements appliqués en Equateur n'ont eu aucun effet significatif sur les pertes de cabosses.

Dans le cadre d'un travail réalisé par le Cirad, en coopération avec la Cocoa Research Unit de Trinité-et-Tobago, une méthode a été mise au point pour la désinfection des fèves contaminées et surtout la protection préventive des fèves contre le balai de sorcière (DUCAMP, comm. pers.). Deux fongicides systémiques ont permis d'obtenir 100 % de plantules saines à partir de fèves inoculées par *Crinipellis pernicioso*. Ces deux fongicides sont le Moncut (matière active : flutolanil) et le Bayleton (matière active : triadiméfon).

Des résultats également très encourageants ont été obtenus en pépinière dans le cadre de la protection de jeunes plantules traitées avec ces deux fongicides pendant près de deux ans. Aucun jeune plant n'a présenté de symptômes malgré les inoculations répétées périodiquement. Il semble donc possible de protéger des jeunes plantules de cacaoyer de toute attaque de balai de sorcière en traitant les fèves, puis en appliquant des traitements périodiques avec les deux fongicides (Moncut et Bayleton) avant et après la plantation. De cette manière, les plantules sont protégées des infections au stade le plus critique de leur développement. En effet, une infection de l'apex terminal d'une jeune plantule entraîne un développement définitivement perturbé pouvant aller jusqu'à la mort à plus ou moins brève échéance. De plus, des transferts de

fèves traitées avec ces deux fongicides d'un pays contaminé par le balai de sorcière vers un pays indemne de cette maladie semblent possibles tout en conservant une période d'observation dans le pays d'arrivée (voir la partie matériel végétal sain).

Le contrôle du balai de sorcière pendant les deux premières années semble donc possible, mais ultérieurement l'emploi de ces deux fongicides au champ n'est plus rentable. Une taille phytosanitaire peut réduire la quantité d'inoculum primaire et le niveau d'infection, mais elle ne pourra jamais à elle seule éradiquer le pathogène ; elle est en outre très coûteuse en main-d'œuvre.

Un travail récent a montré que pour être plus efficace cette taille devait s'effectuer au stade du balai vert. A ce stade, le champignon ne forme pas de chlamydospores à la base du balai comme il peut le faire au stade du balai nécrosé. Une taille à ce dernier stade pourrait laisser au départ du balai des tissus contenant ces chlamydospores. Celles-ci germeront dès que les méristèmes des nouveaux bourgeons se développeront, provoquant une nouvelle infection. Un arbre fortement infecté doit être taillé en période sèche afin d'éviter que les nouveaux bourgeons soient infectés par les basidiospores du champignon, qui sont absentes pendant cette période.

#### La maladie américaine des feuilles du caféier

Les recherches du Cirad sur la lutte chimique contre la maladie américaine des feuilles de caféier ont privilégié l'utilisation des fongicides à titre préventif, comme la bouillie bordelaise (hydroxyde de calcium et sulfate de cuivre) alors que les préconisations antérieures étaient essentiellement d'ordre curatif (AVELINO *et al.*, 1992). Les produits systémiques, comme les triazoles, très spécifiques dans leur mode d'action, présentent le danger, s'ils sont utilisés seuls ou mal utilisés, de sélectionner des souches du champignon qui leur sont résistantes.

Des études menées au Canada ont montré que le champignon s'introduit dans la feuille grâce à une toxine, l'acide oxalique, qui est inhibée par le calcium (TEWARI, 1990). Afin d'allier les propriétés du calcium à celles, fongistatiques, du cuivre, une bouillie alcaline chargée en hydroxyde du calcium a été mise au point, elle a été testée avec succès au Guatemala (AVELINO *et al.*, 1992). L'alcalinité de la bouillie permet par ailleurs d'augmenter la persistance du produit sur la feuille, qualité que ne semble pas présenter l'hydroxyde de calcium utilisé seul. C'est actuellement cette composition qui est diffusée et recommandée dans l'ensemble du pays.

Il convient cependant de rappeler qu'il est souhaitable d'alterner des produits systémiques (cyproconazole et hexaconazole) en première pulvérisation et des produits préventifs pour les pulvérisations suivantes en raison de l'effet de l'inoculum résiduel.

La grande dépendance du champignon envers l'eau liquide permet de comprendre que toutes les pratiques culturales entraînant une diminution de

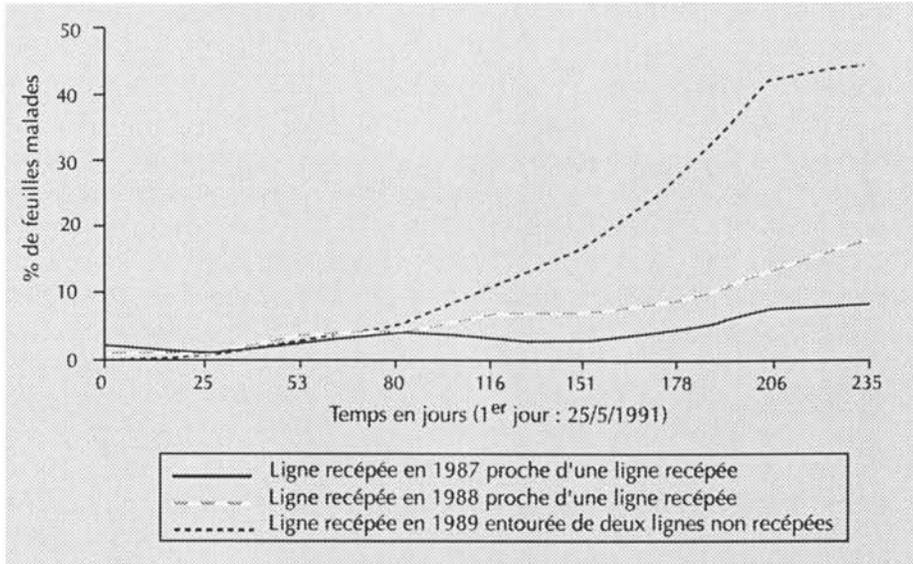


Figure 13. Effet du recépage par ligne sur la maladie américaine du caféier, sur une plantation située à 1 200 m d'altitude (d'après AVELINO et al., 1992).

l'humidité dans la caféière ont pour conséquence une réduction de l'incidence de la maladie. Il serait difficile de citer ici toutes ces pratiques culturales. On peut cependant mentionner les plus courantes : la régulation de l'ombrage (jusqu'à son élimination totale), le recépage par ligne, l'ébourrage, le désherbage. Cette dernière pratique permet par ailleurs d'éliminer l'inoculum présent sur les adventices. L'efficacité de ces opérations est liée à l'importance de la pénétration du soleil. Par exemple, le succès du recépage cyclique dépendra beaucoup de l'orientation de la ligne de caféiers : l'orientation est-ouest est la plus favorable puisque c'est celle qui permettra la plus grande pénétration du soleil. Ces méthodes seront d'autant moins utiles que les facteurs climatiques seront favorables au champignon (forte nébulosité, faible nombre d'heures d'ensoleillement).

Si l'efficacité de la lutte culturale n'est pas absolue, elle permet néanmoins d'optimiser la lutte chimique. Au Guatemala, on a pu observer des taux de feuilles malades compris entre 8 % et 18 % seulement sur les lignes de caféiers voisines d'une ligne de caféiers recépés, alors que les incidences maximales atteignaient 44 % sur les lignes de caféiers dont les voisines n'avaient pas été recépées (figure 13). La lutte chimique pouvait être pratiquée uniquement sur ces lignes (AVELINO et al., 1992). Il est nécessaire d'ajouter que la technique du recépage par ligne est favorable sur un plan agronomique et qu'elle est facilement intégrable aux pratiques utilisées par le producteur. Là où la maladie américaine sévit, cette méthode est préférable à la taille sélective plante par plante, qui ne permet pas une aussi bonne pénétration du soleil et qui, de plus, représente un facteur de désorganisation de la plantation.

## La moniliose du cacaoyer

Certaines molécules chimiques se sont révélées efficaces contre l'agent pathogène de la moniliose du cacaoyer, importante maladie d'Amérique latine. C'est le cas du chlorothalonil à 0,75 % et de l'oxyde de cuivre à 0,5 % (TROCMÉ, 1991). Cependant, en raison de l'architecture des arbres, de la dispersion des cabosses et de la fréquence des traitements, la lutte chimique reste d'application difficile. Comme pour bien d'autres maladies, les pratiques culturales appropriées permettent soit de réduire la source de l'inoculum (récolte aussi fréquente que possible des cabosses atteintes), soit de modifier le microclimat de la parcelle afin d'instaurer des conditions moins favorables au développement du parasite : drainage, désherbage, taille fréquente, régulation de l'ombrage (BARROS, 1992 repris par THEVENIN et TROCMÉ, 1996). Ce ne sont cependant là que pis-aller en attendant la mise à disposition d'un matériel végétal résistant.

## Les bactéries

Les maladies à bactéries traitées dans cet ouvrage ne concernent que les agrumes et le manguier sur les feuilles et sur les fruits.

### LE CHANCRE BACTÉRIEN DES AGRUMES

#### La lutte chimique raisonnée

*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* est capable de pénétrer dans les tissus des agrumes à travers les ouvertures naturelles (principalement les stomates) et les blessures sous l'influence de conditions externes et de la physiologie de la plante. La sensibilité des pousses végétatives à l'infection dépend du stade de leur développement. Cette variabilité de sensibilité est en relation avec la structure des stomates et le développement de la cuticule.

Les pousses ont une sensibilité maximale à *Xanthomonas* lorsque les feuilles ont une taille représentant 50 à 80 % de la taille adulte. La présence d'eau libre est indispensable au succès de l'infection et, en pratique, des infections par les stomates peuvent se produire lorsque les suspensions contiennent au moins  $10^4$  à  $10^5$  cellules de *X. axonopodis* pv. *citri* par millilitre. L'infection des fruits par les stomates est possible 2 à 3 mois après la chute des pétales (VERNIÈRE, 1992 ; VERNIÈRE *et al.*, 1992). Ces informations concernant la relation entre la sensibilité des agrumes au chancre bactérien et leur phénologie sont utilisées comme base pour la mise au point des calendriers de traitements raisonnés.

Les blessures permettent l'infection par *X. axonopodis* pv. *citri* quel que soit le stade phénologique des organes. Ces blessures peuvent être provoquées lors des

opérations d'entretien des vergers et des pépinières, par l'attaque d'insectes comme la mineuse des agrumes (*Phyllocnistis citrella*), et par le vent.

Les traitements chimiques incluent donc l'association de composés cupriques ayant une action antibactérienne préventive et d'insecticides (diflubenzuron, deltaméthrine, abamectine, flufenoxuron, imidaclopride, malathion) visant à contrôler les attaques de mineuse, dans les pays où celle-ci est présente.

### Les techniques culturales

L'irrigation par aspersion favorise fortement le développement du chancre bactérien. Par ailleurs, la dissémination de la bactérie est le plus souvent associée à des phénomènes climatiques précis (pluies associées à des vents de plus de 7 à 8 mètres par seconde) ou aux opérations d'entretien du verger. Ces constatations servent de base à la définition d'itinéraires techniques moins favorables au développement de la maladie : mise en place d'un système d'irrigation localisée au pied des arbres ; installation d'un réseau efficace de haies brise-vent autour du verger ; proscription d'opérations d'entretien du verger dès lors que la frondaison des arbres est humide ; surveillance régulière de l'état sanitaire du verger ; élimination par la taille des pousses malades (les pousses taillées sont brûlées). La désinfection des outils lors de toute opération de taille est nécessaire.

### LA MALADIE DES TACHES NOIRES DU MANGUIER

Les recommandations précédentes sont également valables pour la maladie des taches noires du manguiier (*Xanthomonas sp. mangiferae indicae*).

## Conclusion

Les techniques culturales à titre préventif accompagnées de l'utilisation de pesticides en application localisée permettent de contrôler très efficacement les pourridiés.

La lutte chimique préventive et curative reste encore indispensable dans certains cas comme l'antracnose des fruitiers et des baies du caféier et les *Phytophthora* d'une manière générale.

A ces traitements, on recommande généralement d'associer des méthodes de lutte culturale. Au moins en caféière et en cacaoyère, ces méthodes consistent à diminuer la source d'inoculum en récoltant les fruits atteints par la maladie ou en rendant le milieu environnant moins favorable au développement du pathogène, essentiellement par une diminution de l'humidité.

Avec la maladie du *swollen shoot* du cacaoyer en Afrique de l'Ouest, un faisceau de mesures de protection peut être mis en œuvre pour ralentir la contami-

nation et l'épidémie (destruction des plantes hôtes du virus et des cochenilles vectrices, ainsi que des cacaoyers malades, plantation de plantes-barrières non sensibles autour des cacaoyers, traitements antiochenilles).

Grâce à ces méthodes de lutte, il est possible de réduire très sensiblement l'incidence de nombreuses maladies mais elles sont d'application généralement difficile et onéreuses en produits comme en main-d'œuvre. En raison même de l'impact des maladies et des mauvaises pratiques culturales, ces méthodes sont à privilégier sur des plantations peu productives sur lesquelles les bénéfiques ne peuvent supporter les frais des interventions chimiques. Dans de nombreux cas, elles permettent cependant d'attendre la mise à disposition d'un matériel végétal résistant.

## Références bibliographiques

ABADIE C.-F., FRANQUEVILLE H. DE, ALABOUVETTE C., 1994. Role of environmental factors on the incidence of *Fusarium* wilt oil oil palm. In : Vth Arab congress of plant protection, Fès, Maroc, 27 novembre-2 décembre 1994.

ABADIE C., FRANQUEVILLE H DE, RENARD J.-L., ALABOUVETTE C., 1996. Influence de quelques techniques culturales sur la gravité de la fusariose du palmier à huile. Plantations, recherche, développement 3 (4) : 259-271.

ANONYME, 1995. Essai de produits et doses dans le cadre de la lutte par esquivé contre la chute secondaire des feuilles d'hévéa due à *Colletotrichum gloeosporioides*. Centre d'appui technique à l'hévéaculture gabonaise, rapport annuel d'activité, p. 129-132.

ANONYME, 1996. Essai du mélange étéphon-cyclamilide comme défoliant dans la lutte contre la chute secondaire des feuilles d'hévéa due à *Colletotrichum gloeosporioides*. Centre d'appui technique à l'hévéaculture gabonaise, rapport annuel d'activité, p. 16-17.

AVELINO J., MULLER R.-A., CILAS C., VELASCO H., 1991. Développement de la rouille orangée dans des plantations en cours de modernisation plantées de variétés naines dans le sud-est du Mexique. Café, cacao, thé 35 : 21-37.

AVELINO J., SEIBT R., ZELAYA H., ORDOÑEZ M., MERLO A., 1997. Enquête-diagnostic sur la rouille orangée du caféier Arabica au Honduras. In : XVII<sup>e</sup> colloque scientifique international sur le café. Paris, France. Nairobi, Kenya, 828 p.

AVELINO J., TOLEDO, J.C., MEDINA B., 1992. El caldo bordelés y la recepa en el control del ojo de gallo. In : memoria técnica de investigaciones en café 90-91, Anacafé, Guatemala, p. 123-129.

AVELINO J., TOLEDO J.C, MEDINA B., 1993. Développement de la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) dans une plantation du sud-ouest du Guatemala et évaluation des dégâts qu'elle provoque. Colloque scientifique international sur le café, Paris, France, p. 15-293.

- AVELINO J., TOLEDO J.C., MEDINA B., 1995. Evaluación de épocas y número de aplicaciones de oxido de cobre para el control de la roya anaranjada del caféto (*Hemileia vastatrix*) en una finca del suroeste de Guatemala. Simposio sobre caficultura latinoamericana, lica, Costa Rica, 1993, XVI.
- BERRY D., NANKAM C., MOUEN BEDIMO J., AUBIN V., 1991. L'antracnose des baies du caféier arabica (*Coffee berry disease*) au Cameroun : épidémiologie et lutte chimique, Asic 1991. In : XIX<sup>e</sup> colloque, San Francisco, Etats-Unis, p. 499-509.
- BERRY D., TAFFOREAU S., 1991. Rapport d'activité campagne 1991 : lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer. Yaoundé, Cameroun, 13 p. (document interne).
- BERTIN Y., HALLOUET H., LAVILLE E., 1983. Essais de traitement chimique des attaques à *Phytophthora cinnamomi* de l'avocatier en Martinique. Fruits 6 : 481-485.
- BLAHA G., 1978. Un grave pourridié du caféier arabica au Cameroun : *Clytocibe (Armillariella) elegans* Heim. Café, cacao, thé, 22 (3) : 203-216.
- BOCCAS B., LAVILLE E., 1978. Les maladies à *Phytophthora* des agrumes. Setco édit., Paris, France, 162 p.
- CATINOT R., LEROY-DEVAL J., 1960. Essai de destruction de la forêt dense par empoisonnement au Gabon. Bois et forêts des tropiques 69 : 3-16.
- CHABRIER C., BOTELLA L., MERCER R.T., LAVALT S., 1995. Etude de nouvelles formulations de phoséthyl-Al destinées à la lutte contre la gommose à *Phytophthora* des agrumes. Fruits 3 : 163-172.
- COTTIN R., 1987. Qualité de l'avocat. Traitements phytosanitaires. Document technique n° 19, RA87, Cirad-irfa, 12 p. (document interne).
- DAVOUS M.-P., DJIEKPOR E. K., CILAS C., GOKA K., 1984. Contribution à la mise au point de la lutte chimique contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Togo : étude des possibilités d'emploi du métalaxyl. Café, cacao, thé XXVIII (3) : 191-202.
- DFIABARRE M., 1997. Fonctionnement des cultures associées à base d'hévéa. Programme STD3. Rapport annuel d'activités 1995-1996. Document Cirad-cp 745, mars 1997.
- DELABARRE M., SERIER J.-B., 1995. L'hévéa. Collection Le technicien de l'agriculture tropicale. Paris, France, Maisonneuve et Larose (édit.), 238 p.
- ESKES A.B., SOUZA E.Z., 1981. Ataque da ferrugem em ramos come sem produção, de plantas do cultivar catuai. Congresso brasileiro de pesquisas cafeeiras, IBC, 9, 186.
- FRANQUEVILLE H. DE, RENARD J.-L., 1988. La fusariose du palmier à huile en replantation. Méthodes d'études et mise en évidence de quelques facteurs de l'environnement sur l'expression de cette maladie. Oléagineux 43 (4) : 149-157.
- FRANQUEVILLE H. DE, RENARD J.-L., 1989. Intérêt du phoséthyl-Al dans la lutte contre le *Phytophthora* du cocotier. Modalités d'application. Oléagineux 44 (7) : 351-358.
- FROSSARD P., BOURDEAUT J., 1974. Lutte contre le dépérissement des avocatiers en Côte d'Ivoire. Fruits 7-8 : 525-529.

FROSSARD P., HAURY A., LAVILLE E., 1977. Résultats préliminaires concernant l'activité du phoséthyl-Al sur les maladies à *Phytophthora* des agrumes, de l'avocatier et de l'ananas. *Phytiatrie, phytopharmacie* 26 : 55-62.

GAILLARD J.-P., 1987. L'avocatier, sa culture, ses produits. Chapitre 6, Le parasitisme : les maladies cryptogamiques. Paris, France, Maisonneuve et Larose (édit.), 419 p.

GAUBIAC A.-M., 1988. Relations entre surface foliaire et échanges gazeux chez le caféier. Dea, Ustl, Montpellier, France, 28 p.

GUYOT J., 1997. *Armillaria* spp., pourridié de l'hévéa en Afrique centrale : le cas du Gabon. *Plantations, recherche, développement* 4 (6) : 408-419.

KEBE I., 1989. Lutte contre la pourriture brune des cabosses par injection directe de fongicides dans le tronc du cacaoyer. Rapport interne non publié, 27 p.

LAVILLE E., 1979. Utilisation d'un nouveau fongicide systémique : l'aliette, dans la lutte contre la gommose à *Phytophthora* des agrumes. *Fruits* 1 : 35-41.

LAVILLE E., 1980. Mise au point concernant les traitements chimiques des pourritures de racines de l'avocatier dues à *Phytophthora cinnamomi*. Note technique Irfa, 3 p.

LAVILLE E., 1984. La gommose à *Phytophthora* des clémentiniers en Corse. *Arboriculture fruitière* 2 : 32-35.

LAVILLE E., 1994. La protection des fruits tropicaux. Cirad-flhor/Coleacp, Paris, France, 192 p.

LAVILLE E., CHALANDON A., 1982. Synthèse des résultats obtenus avec le phoséthyl-Al dans la lutte contre les maladies à *Phytophthora* des agrumes. *Fruits* 1 : 11-17.

MALLET B., GEIGER J.-P., NANDRIS P., NICOLE M., RENARD J.-L., TRAN VAN CANH, 1985. Les champignons agents de pourridiés en Afrique de l'Ouest. Sonderdruck aus *European Journal of Forest Pathology* 15 (5-6) : 263-268.

MARTICOU H., MULLER R.A., 1964. Essai de mise au point d'une méthode d'expérimentation adaptée aux conditions de la cacaoyère camerounaise traditionnelle. *Café, cacao, thé* 8 : 173-202.

MOURICHON X., 1987. L'antracnose à *Colletotrichum gloeosporioides* des manguiers, avocatiers et papayers. Quelques données sur la biologie et le contrôle de la maladie. Document technique n° 52, Cirad-irfa, 6 p. (document interne).

MOURICHON X., SOULEZ P., RUIZ B., 1984. Efficacité comparée du métalaxyl et du phoséthyl-Al sur la maladie racinaire des avocatiers causée par *Phytophthora cinnamomi*. *Fruits* 1 : 51-59

MULLER R.A., 1964. L'antracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica*) due à *Colletotrichum coffeanum* Noack au Cameroun. Ifcc, Paris, France. *Bulletin* n° 6, 38 p.

MULLER R.A., 1971. La rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix*) sur le continent américain. *Café, cacao, thé* 15 : 24.

MULLER R.A., 1974. Effect of prophylactic measure on the dissemination of *Phytophthora palmivora*. In : *Phytophthora disease of cocoa*. Longman édit., Londres, Royaume-Uni, 348 p.

- MULLER R.A., 1975. *Hemileia coffeicola* Maublanc et Roger : importance, extension et danger potentiel pour la caféiculture mondiale. Quelques aspects de ses relations avec l'hôte et avec le milieu cultural, problèmes posés. In : VII<sup>e</sup> colloque de l'Asic, Hambourg, Allemagne, juin 1975.
- MULLER R.A., 1978. Contribution à la connaissance de la phytomycocénose constituée par *Coffea arabica* L., *Colletotrichum coffeanum* Noack *sensu* Hindorf, *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., *Hemileia coffeicola* Maubl. et Roger. Thèse de doctorat d'Etat, université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 174 p.
- MULLER R.A., 1984. Rappel du schéma épidémique de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun et des principes de la lutte chimique dans ce pays. In : I<sup>re</sup> réunion du groupe international de travail sur les *Phytophthora* du cacaoyer, Lomé, Togo, 20-22 février 1984. Montpellier, France, Cirad-cp, p. 53-57 (document interne).
- MULLER R.A., GESTIN A.J., 1967. Contribution à la mise au point des méthodes de lutte contre l'antracnose des baies du caféier d'Arabie (*Coffea arabica*) due à une forme de *Colletotrichum coffeanum* Noack au Cameroun. Café, cacao, thé 11 (2) : 157-178.
- MULLER R.A., LOTODÉ R., NDJOMOU S.E., 1969. Appréciation de l'efficacité des fongicides contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer due au *Phytophthora palmivora* (Butl.) dans les conditions naturelles. Essai de mise au point d'une méthode rapide. Café, cacao, thé 13 (1) : 24-54.
- NUTMAN F.J., ROBERTS F.M., 1963. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk et Br. Transactions of British mycological society 46 (27).
- NYASSE S., 1997. Etude de la diversité de *Phytophthora megakarya* et caractérisation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à cet agent pathogène. Thèse de doctorat de l'Institut national polytechnique de Toulouse, France, 163 p.
- OLLAGNIER M., RENARD J.-L., 1976. Influence du potassium sur la résistance du palmier à huile à la fusariose. Oléagineux 31 (5) : 203-209.
- PARTIOT M., 1984. L'épidémiologie de la pourriture brune des cabosses du cacaoyer au Cameroun. In : I<sup>re</sup> réunion du groupe international de travail sur les *Phytophthora* du cacaoyer, Lomé, Togo, 20-22 février 1984. Montpellier, France, Cirad-cp, p. 25-53 (document interne).
- PRENDERGAST A.G., 1957. Observations on the epidemiology of vascular wilt of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). J. W. Afric. Inst. Oil Palm Res., 2 : 147-175.
- RENARD J.-L., FRANQUEVILLE H. DE, 1991. Intérêt des techniques culturales dans un dispositif de lutte intégrée contre la fusariose du palmier à huile. Oléagineux 46 (7) : 255-265.
- RENARD J.-L., QUILLEC G., 1983. Lutte contre la cercosporiose du palmier à huile en pépinière. Efficacités comparées de quelques fongicides. Résultats de quatre séries d'essais et conclusions. Oléagineux 38 (12) : 637-645.
- SÉNÉCHAL Y., 1986. L'antracnose de l'hévéa, étude épidémiologique et recherche de moyen de lutte. Thèse de doctorat, université Paris XI, France.
- TEWARI J.P., 1990. Mecanismo de patogénesis y combate del ojo de gallo del cafeto causado por *Mycena citricolor*. Taller regional sobre roya, ojo de gallo y otras enfermedades. Resúmenes, Ilica-Promecafé, Costa Rica.

- THÉVENIN J.M., MOTULO H.F.J., KHARIES S., RENARD J.-L., 1995. Lutte chimique contre la pourriture du cœur à *Phytophthora* du cocotier en Indonésie. Plantations, recherche, développement 2 (6) : 41-50.
- THÉVENIN J.-M., TROCMÉ O., 1996. La moniliose du cacaoyer. Plantations, recherche, développement 3 (6) : 397-406.
- TOLEDO J.-C., AVELINO J., MEDINA B., 1995. Evaluación de fungicidas para el control de la roya *Hemileia vastatrix* en el cultivo del café. Simposio sobre caficultura latinoamericana, lica, Costa Rica, 1993, XVI.
- TRAN VAN CANH, 1996. Lutte contre le pourridié blanc (*Fomes*) de l'hévéa. Plantation, recherche, développement 3 (4) : 245-250.
- TROCMÉ O., 1991. Contribution à l'étude de la lutte chimique contre la moniliose (*Moniliophthora roreri*) des cabosses du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) au Costa Rica. Café, cacao, thé 35 (4) : 257-274.
- VAAST P., 1995. The effects of vesicular arbuscular mycorrhizae and nematodes on the growth and nutrition of coffee. PhD thesis, university of California, Davis, Etats-Unis, 171 p.
- VERNIÈRE C., 1992. Le chancre bactérien des agrumes (*Xanthomonas campestris* pv. *citri*) ; étude épidémiologique et écologique dans le cadre de l'île de la Réunion. Thèse de doctorat, université Paris XI, France, 140 p.
- VERNIÈRE C., PRUVOST O., COUTEAU A., LUISETTI J., 1992. Données sur la biologie et l'épidémiologie de *Xanthomonas campestris* pv. *citri*, agent du chancre bactérien des agrumes, exemple de l'île de la Réunion. Fruits 47 : 164-168.
- VILLAIN L., LICARDIE D., TOLEDO J.C., MOLINA A., 1995. Evaluación de tres nematocidas y la práctica del injerto hipocotiledonar en el control de *Pratylenchus* sp. In : lica-prome-café, cocafé, XVI Simposio sobre caficultura latinoamericana. Vol. 1. Tegucigalpa, Honduras, lica, Ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos. Simposio sobre caficultura latinoamericana 16, 1993/10/25-29, Managua, Nicaragua.
- VILLAIN L., SARAH J.-L., DECAZY B., MOLINA A., SIERRAS S., 1996. Evaluation of grafting on *Coffea canephora* var. Robusta and chemical treatment for control of *Pratylenchus* sp. in *C. Arabica* cropping systems. In : Nematropica, 26 (3), p. 325. IIIth international nematology congress abstracts. 1996/07/07-12, Gosier, Guadeloupe, Antilles.
- YUSSOF-AZALDIN M., RAO B.S., 1974. Practicability and economics of large-scale artificial defoliation for avoiding secondary leaf fall. Proc. Rubb. Res. Inst. Malaya Planter's Conference, 161-170.