

Éléments de réflexion sur l'incidence des maladies dans la replantation des cultures pérennes tropicales

Résumé

Les cultures pérennes de la zone tropicale humide ont connu une expansion très forte depuis 1945. Cette phase pionnière est terminée et la replantation est nécessaire pour le développement durable de ces cultures. Il est essentiel de pouvoir évaluer l'impact de la replantation sur la gravité des attaques parasitaires et de distinguer ce qui est dû aux maladies dont l'évolution est lente et localisée (essentiellement les maladies telluriques) de ce qui est dû aux maladies à évolution rapide (maladies disséminées par voie aérienne). Les principes de lutte dans les parcelles replantées sont adaptés à chacun de ces cas.

Abstract

Tree crops in the humid Tropics have expanded considerably since 1945. The pioneer phase is now over and replanting is necessary in order to ensure the sustainable development of such crops.

It is essential to be able to assess the impact of replanting on the severity of parasite attacks and to distinguish between the effects of diseases that develop slowly and locally (primarily soil-based diseases) and those of fast-developing diseases (airborne diseases). The principles of control in replanted plots have to be adapted to each of these cases.

Follin J.C.

CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

Les cultures pérennes de la zone tropicale humide (cacaoyer, caféier, cocotier, hévéa et palmier) représentent une source importante de richesse pour de nombreux pays d'Amérique, d'Afrique et d'Asie. Elles ont connu une expansion très forte depuis 1945, en particulier grâce à la mobilisation de terres vierges, le plus souvent de forêts tropicales. Cette phase pionnière est terminée dans la plupart des pays et la replantation est nécessaire pour assurer un développement durable de ces cultures.

Cette replantation ne va pas de soi car de nombreux facteurs sociologiques, économiques et agronomiques la rendent souvent difficile. Parmi les obstacles techniques à la replantation, les problèmes phytosanitaires, qu'ils soient dus à des ravageurs ou à des maladies, sont souvent cités, et c'est un fait que ces problèmes augmentent avec le temps de culture, amplifiés — au contraire des cultures annuelles — par le contact permanent de la culture et de ses ennemis.

La mise en avant des problèmes phytosanitaires est cependant faite souvent de manière indifférenciée, sans distinguer ce qui revient au développement dans le temps des épidémies, de l'impact de la replantation elle-même. La décision de replantation doit pourtant faire cette distinction et il est essentiel de pouvoir évaluer la gravité des

attaques parasitaires que l'on peut attendre, sur une parcelle replantée et sur une parcelle voisine implantée en même temps sur défriche ou après une jachère longue.

Le défrichement d'une forêt et l'installation d'une culture réduisent considérablement la diversité des espèces végétales. Dans le cas des cultures pérennes tropicales, cette diversité se résume à trois populations en interactions plus ou moins contrôlées : celles de la plante cultivée, de la plante de couverture (éventuellement) et de la flore adventice¹.

L'unicité de la plante cultivée favorise une succession d'événements et une addition de facteurs qui provoquent le développement d'agents pathogènes infectieux : apport de nouveaux pathogènes originaires d'autres zones ou captation d'inoculum préexistant, contacts facilités entre l'agent et la plante-hôte, infection, constitution d'un nouvel inoculum et dispersion. Le développement épidémique implique que cette séquence se répète en générant des cycles successifs produisant une quantité croissante d'inoculum.

¹ Pour quelques zones et certains systèmes de culture, il faut également ajouter les forêts reliques ou les arbres d'ombrage qui peuvent être des relais pour les ravageurs ou, au contraire, des réservoirs pour la faune entomologique auxiliaire.

Une lutte raisonnée implique donc que l'on connaisse les paramètres d'évolution des épidémies pour espérer pouvoir agir sur certains d'entre eux (le taux d'inoculum primaire, la résistance à l'infection, le milieu ambiant de la parcelle, etc.). Ces paramètres se répartissent dans trois sous-systèmes de variables interdépendantes : celui de l'hôte, celui relatif aux agents pathogènes et celui dépendant de l'environnement.

Compte tenu de la grande diversité des maladies, il n'y pas, bien sûr, une réponse univoque mais chaque maladie ne représente pas non plus un cas particulier. Il est possible, en fonction de leurs caractéristiques et de la manière dont sont conduites les cultures, de déterminer des grandes tendances permettant d'anticiper l'évolution des dégâts et, par voie de conséquence, d'envisager des méthodes de lutte qui, suivant les paramètres accessibles, utilisent des moyens prophylactiques, chimiques ou génétiques.

Ainsi, pour les plantes pérennes tropicales, en se référant à l'espace géographique et à l'évolution des épidémies, les maladies peuvent se répartir dans deux grands groupes : les maladies à dynamique lente dont l'évolution et l'intensité peuvent se définir parcelle par parcelle, et les maladies à évolution rapide pour lesquelles l'épidémie dépasse le cadre de l'exploitation isolée et se raisonne au niveau de l'écorégion.

Les maladies relevant d'une dynamique d'évolution lente et localisée

Pour les plantes annuelles, il s'agit des maladies dites monocycliques où les tissus infectés ne deviennent éventuellement infectieux que lors de la saison de culture suivante. Pour les plantes pérennes ce report d'inoculum est certainement plus subtil mais le résultat est de même nature : des maladies à progression linéaire dans les premières années — décrites parfois comme des maladies à « intérêt simple » — pour lesquelles la lutte réside avant tout dans la maîtrise du taux d'inoculum initial.

Ces maladies ont une évolution qui reste très liée à la parcelle travaillée de manière homogène. Ce sont essentiellement les maladies dont les organismes responsables ont une partie de leur cycle sous forme de vie saprophytique dans le sol, c'est-à-dire les pourridiés et les maladies vasculaires.

Ce sont aussi les nématodes, qu'ils soient causes primaires de désordres ou vecteurs de maladies.

Les pourridiés

Les pourridiés concernent principalement les plantations d'hévéa et de palmier à huile et, dans une moindre mesure, celles de caféier. Dans les défriches de forêt les champignons responsables² sont déjà présents sur certains arbres et l'abattage favorise le développement des champignons qui envahissent les souches mortes. La maladie gagne ensuite arbre par arbre à partir des foyers primaires et même si l'évolution reste lente et linéaire, les pertes atteignent fréquemment 50 % des arbres en fin de cycle de production, dans les zones très affectées (Berry, 1999 ; Renard, 1999).

Que ce soit en plantation ou en replantation, la lutte contre les pourridiés réside dans la maîtrise des foyers d'infection (tableau 1). Le contrôle de l'inoculum se fait donc dans ce cas par le biais de méthodes prophylactiques.

Les maladies vasculaires

Les maladies vasculaires sont représentées par la fusariose du palmier à huile, causée

² *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imaz pour l'hévéa, *Ganoderma lucidum* (Leys. ex Fr.) Karst. pour le palmier à huile, *Clitocybe elegans* Heim pour le caféier.

par *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (Schlecht) Toovey, et la trachéomycose du caféier, causée par *Fusarium xylarioides* (Stey) Gordon.

La fusariose est la maladie la plus grave du palmier à huile en Afrique, elle existe en Amérique latine mais encore sans incidence notable, elle n'a pas été signalée en Asie. Au contraire des pourridiés, la fusariose n'apparaît pas immédiatement en première plantation après défrichage mais plutôt au bout de 6 à 7 ans de culture. En revanche, en replantation elle peut faire des dégâts dès la première année (Renard, 1999). Son apparition en replantation est conditionnée par la nature du matériel végétal, par l'historique des sites replantés et par l'environnement immédiat. L'expression de la maladie résulte ensuite des choix culturels décidés par le planteur (de Franqueville et Renard, 1988).

Le succès de la replantation dépend donc de la manière dont la maladie a évolué lors du premier cycle, du matériel végétal choisi pour le deuxième cycle, et du respect de quelques pratiques culturales (plantation dans l'interligne, sol nu autour des jeunes plants...). Le choix des variétés est alors déterminant, et toutes les techniques culturales pour limiter le taux d'inoculum et la maladie seront vaines si le matériel végétal replanté est sensible.

Tableau 1. Principes de lutte contre les pourridiés des cultures pérennes.
Principles of tree crop rot control.

Cycles	Facteurs d'évolution <i>Evolution factors</i>	Principes de lutte <i>Control principles</i>
Installation de la plantation <i>Initial planting</i>	Inoculum primaire <i>Primary inoculum</i>	Désouchage, élimination des débris végétaux, choix des cultures associées <i>Grubbing up, plant waste removal, choice of intercrops</i>
Cycle de production <i>Production cycle</i>	Foyers de maladie <i>Disease foci</i>	Limitation du développement des foyers primaires et secondaires de maladie, lutte chimique préventive <i>Limiting primary and secondary disease focus development, preventive chemical control</i>
Replantation <i>Replanting</i>	Inoculum résiduel <i>Residual inoculum</i>	Élimination complète des vieux arbres, éloignement des vieilles souches (brûlage ou andainage adapté) <i>Complete removal of old trees, displacement of old stumps (burning or appropriate windrowing)</i>



Photo 1. Cabosses de cacaoyer atteintes de pourriture brune.
Cocoa pods affected by black pod disease.
(E. Cros)

Photo 2. Feuilles de caféiers attaquées par la rouille orangée.
Coffee tree leaves affected by leaf rust.
(D. Duris)



Photo 3. Flétrissement du palmier à huile dû à la fusariose.
Oil palm affected by vascular wilt.
(H. de Franqueville)



Photo 4. Champ de cocotier atteint de jaunissement mortel.
Coconut planting affected by lethal yellowing.
(H. de Franqueville)



La trachéomycose du caféier est une maladie peu répandue mais ses manifestations ont été désastreuses en Afrique centrale sur *Coffea excelsa* dans les années 40 et 50 et sur deux variétés locales de *C. canephora* en Côte d'Ivoire à la même époque. Il existe actuellement des indices qui font craindre un développement de cette maladie dans les plantations d'Arabica d'Afrique de l'Est. Cette maladie est assez peu connue mais il apparaît que son évolution dans la parcelle

est beaucoup plus rapide que pour les fusarioses classiques, par exemple celle du palmier à huile. Cela tient vraisemblablement à ce que le champignon se propage également par des éléments sporulants sur l'écorce des plants pour lesquels la maladie est déjà bien avancée. Des différences très fortes de sensibilité interspécifiques et intervariétales existent, le choix du matériel végétal pour les replantations dans les zones touchées est donc primordial.

La pourriture du cœur

Dans ce groupe de maladies à développement spécifique de la parcelle, il semble bien que, dans l'état actuel de l'épidémie, il faille y mettre la pourriture du cœur du palmier à huile. On ne connaît certes pas l'agent causal ni le vecteur éventuel mais c'est un fait que les dynamiques d'évolution sont très différentes d'une plantation à une autre, et d'une parcelle à l'autre sur une même plantation (Mariau *et al.*, 1992). On

sait aussi que dans la replantation sur une parcelle infectée l'évolution du taux de plants malades devient très vite exponentielle alors qu'en infection primaire il faut près de 10 ans, et parfois plus, pour arriver à ce type d'évolution (Mariau *et al.*, 1992). Dans l'état actuel des connaissances, l'exploitation de la tolérance d'*E. oleifera* par hybridation interspécifique avec *E. guineensis*, suivie de la réalisation de rétrocroisements, apparaît comme la seule solution. A long terme, la maîtrise de cette maladie est la clef de la poursuite du développement du palmier à huile en Amérique latine.

Les nématodes

Les nématodes des racines, qu'ils soient galligènes ou libres, se comportent à bien des égards comme des champignons pathogènes du sol : contamination lente de parcelle à parcelle, augmentation très progressive des plants atteints correspondant à la multiplication *in situ* des organismes pathogènes, influence forte de la nature du sol, relations hôte-parasite complexes souvent de nature résistance spécifique-virulence...

Le caféier Arabica est notamment très sensible à deux genres de nématodes : *Meloidogyne* (nématodes galligènes) et *Pratylenchus* (nématodes libres). Dans certaines régions du Guatemala, les pertes moyennes sont estimées à 20 % et dans certaines parcelles les dégâts voisinent 80 % (Villain *et al.*, 1996). Dans ces cas extrêmes la replantation est impossible, sauf à utiliser des semenceaux d'Arabica greffés sur certains Robusta résistants (par exemple la variété Nemaya) et à aménager les pratiques culturales (en particulier les apports organiques et l'ombrage).

Les maladies relevant d'une dynamique d'évolution rapide et générale

Ces maladies sont provoquées par des agents pathogènes capables de se multiplier plusieurs fois pendant la période de végétation (maladies polycycliques). L'épidémie évolue de manière exponentielle dès les premiers stades — maladie dite à « intérêt composé » — et est ensuite modifiée par le fait que la proportion d'organes sains à infecter diminue parallèlement. Pour lutter contre ces maladies, il importe avant tout de freiner la multiplication de l'inoculum, et non pas seulement d'en limiter le taux initial comme dans le cas des maladies monocycliques.

Pour ces maladies, les épidémies se raisonnent au niveau écorégional et non plus au niveau de la parcelle. Il s'agit essentiellement de maladies des organes aériens provoquées, pour la majorité d'entre elles, par des champignons à fort pouvoir de sporulation et dont les éléments infectieux sont véhiculés par des moyens très divers tels que le vent, les eaux de ruissellement, les instruments de culture, et éventuellement par des vecteurs animaux (insectes broyeurs par exemple).

Il faut aussi joindre à ce groupe les maladies à transmission biologique. Pour les plantes étudiées ici, les insectes responsables, lorsqu'ils sont connus, appartiennent tous à l'ordre des hémiptères et ne sont pas inféodés à un seul hôte. La dispersion des maladies dépend alors essentiellement du pouvoir de multiplication et de dispersion des insectes vecteurs. Dans un contexte de couvertures pérennes de l'es-

pace cultivé, la dynamique de ces populations s'étudie également plus au niveau de l'écorégion que de la parcelle.

Les maladies à modes de transmission diversifiés

Les plus importantes (tableau 2) concernent le cacaoyer, le caféier, le cocotier et l'hévéa. Pour le cacaoyer, les trois maladies citées sont des facteurs limitants de première importance dans chacune des grandes régions où elles sont présentes, de même que le *Microcyclus* pour l'hévéa en Amérique latine.

Par la nature des agents causaux et des modes variés de transmission, ces maladies, qui concernent essentiellement les organes aériens, se développent généralement rapidement et les facteurs d'évolution sont très divers (tableau 3). Cependant, dans un système stable de relations plante-système de culture-environnement, un point d'équilibre est vite atteint qui, pour une maladie, peut être très variable selon la région, mais qui évolue assez peu d'une année à l'autre dans des périodes relativement longues.

Par exemple, la pourriture brune des cabosses du cacaoyer provoque des pertes de l'ordre de 15 à 20 % en Côte d'Ivoire et au Ghana, de 30 à 75 % au Nigeria et de plus de 50 %, voire de 80 à 95 % au Cameroun (Renard, 1999). Par ailleurs, les hauts niveaux de dégâts constatés au Cameroun sont assez récents, de l'ordre de 10-15 ans ; précédemment les pertes se situaient à un niveau beaucoup plus bas (Despréaux, comm. pers.). Ces différences synchroniques et diachroniques s'expliquent vraisemblablement par des différences ou par des transformations dans la structure des

Tableau 2. Principales maladies fongiques des organes aériens des plantes pérennes tropicales.
Main fungal diseases affecting the aerial organs of tropical tree crops.

Plantes <i>Plants</i>	Feuilles <i>Leaves</i>	Fruits	Tronc/branches/Stipe <i>Trunk/branches/Stem</i>
Cacaoyer / <i>Cocoa</i>		Pourriture brune / <i>Black pod</i> (<i>Phytophthora palmivora</i> et / and <i>P. megakarya</i>) Moniliose / <i>Pod rot</i> (<i>Monilophthora roreri</i>)	Balai de sorcière / <i>Witches' broom</i> (<i>Crinipellis perniciosa</i>)
Caféier / <i>Coffee</i>	Rouilles / <i>Rusts</i> (<i>Hemileia vastatrix</i> et / and <i>H. coffeicola</i>)	Anthraxnose / <i>Coffee berry</i> disease (CBD) (<i>Colletotrichum kahawae</i>)	
Cocotier / <i>Coconut</i>		<i>Phytophthora</i> spp.	<i>Phytophthora</i> spp.
Hévéa / <i>Rubber</i>	<i>Microcyclus ulei</i> Anthraxnose / <i>Leaf disease</i> (<i>C. gloeosporioides</i>)		

Tableau 3. Facteurs d'évolution des maladies fongiques des organes aériens des plantes pérennes tropicales. / *Factors in the development of fungal diseases affecting the aerial organs of tropical tree crops.*

Environnement <i>Environment</i> Système de culture <i>Cropping system</i>	Plante <i>Plant</i>	Pathogène <i>Pathogen</i>
Climat/pluviométrie <i>Climate/rainfall</i>	Nature des semenceaux (bouture, greffe, graines) <i>Type of material (cutting, grafted plant, seed)</i>	Inoculum primaire, date d'apparition de la maladie <i>Primary inoculum, date of disease appearance</i>
Itinéraires techniques <i>Crop management sequences</i> • ombrage / <i>shading</i> • association de cultures <i>intercropping</i> • fertilisation / <i>fertilization</i>	Résistance/sensibilité <i>Resistance/susceptibility</i> Architecture, taille, recépage <i>Architecture, pruning, stumping</i>	Structure des populations pathogènes, variabilité du pathogène <i>Pathogen population structure, pathogen variability</i>
Interventions chimiques (pesticides ou défoliants) <i>Chemical intervention (pesticides or weedkillers)</i>		Résistances acquises aux fongicides <i>Acquired fungicide resistance</i>

populations d'agents pathogènes, notamment par le degré d'implication d'une espèce particulièrement agressive : *Phytophthora megakarya* Brasier et Griffin et, dans une moindre mesure, par le relâchement dans les traitements fongicides.

Dans ces conditions, le niveau global des dégâts attendus dans une région dépend essentiellement de la date d'apparition de

la maladie et des conditions offertes au développement de l'épidémie. A l'inverse des maladies du sol, la durée de plantation n'est plus un facteur déterminant dans l'évolution des épidémies³, et il n'y a toutefois aucune raison de penser qu'une parcelle replantée sera plus attaquée qu'une première plantation voisine du même âge ou qu'une plantation plus ancienne égale-

ment voisine, sous réserve toutefois que le matériel végétal et les itinéraires techniques soient identiques.

Les maladies à transmission biologique

Dans la quasi-totalité des cas présents il s'agit de maladies intraphloémiques provoquées par des virus ou des phytoplasmes, plus rarement par des *Phytomonas*⁴, et qui aboutissent à des dépérissements généralisés. La vection par des insectes, essentiellement de la famille des hémiptères, de ces maladies du phloème est généralement exclusive.

Hormis le *swollen shoot* du cacaoyer ce sont les palmacées qui paient le plus lourd tribut à ces maladies (tableau 4). Elles sont généralement limitées géographiquement sauf toutefois les jaunissements mortels du cocotier qui sévissent en Afrique, à la Caraïbe et en Amérique centrale et qui posent un réel problème de survie des cocoteraies dans ces grandes régions.

³ La durée de plantation reste cependant un élément important à prendre en compte par son rôle dans la pression de sélection, en contribuant à l'évolution de la structure des populations d'agents pathogènes.

⁴ Hormis la maladie de l'anneau rouge du palmier à huile causée par un nématode véhiculé par un charançon qui est d'une toute autre nature.

Tableau 4. Principales maladies à transmission biologique des cultures pérennes tropicales. / *Main biologically transmitted diseases of tropical tree crops.*

Maladies <i>Diseases</i>	Zones géographiques <i>Geographical zones</i>	Agents causals <i>Causal agents</i>	Vecteurs <i>Vectors</i>
Pépinnières / Nurseries • Blast du palmier à huile et du cocotier <i>Oil palm and coconut blast</i>	Afrique / <i>Africa</i>	Phytoplasme / <i>Phytoplasma?</i>	Jassides / <i>Jassidae</i>
• Pourriture sèche du cœur du palmier à huile et du cocotier / <i>Dry bud rot of oil palm and coconut</i>	Afrique / <i>Africa</i>	Virus ?	Delphacides / <i>Delphacidae</i>
Plantations / Plantations Cocotier / <i>Coconut</i> • Jaunissements mortels / <i>Lethal yellowing</i>	Afrique, Caraïbes, Amérique centrale <i>Africa, Caribbean, Central America</i>	Phytoplasme / <i>Phytoplasma</i>	Cixiidés / <i>Cixiidae?</i>
• Dépérissement foliaire / <i>Foliar decay</i>	Vanuatu	Virus	Cixiidés / <i>Cixiidae</i>
• Hartrot	Amérique latine / <i>Latin America</i>	<i>Phytomonas</i>	Punaises (Pentatomidés) <i>Bugs (Pentatomidae)</i>
• Cadang Cadang	Philippines	Viroides / <i>Viroids</i>	?
Palmier à huile / <i>Oil palm</i> • Marchitez	Amérique latine / <i>Latin America</i>	<i>Phytomonas</i>	Punaises (Pentatomidés) <i>Bugs (Pentatomidae)</i>
• Maladies des taches annulaires / <i>Ring spot disease</i>	Amérique latine / <i>Latin America</i>	Virus ?	?
Cacaoyer / <i>Cocoa</i> • <i>Swollen shoot</i>	Afrique de l'Ouest / <i>West Africa</i>	Virus	Coccidés / <i>Coccidae</i>

La transmission des maladies se faisant quasi exclusivement par des insectes volants, il est clair que l'évolution des épidémies (tableau 5) dépend essentiellement du comportement des insectes vecteurs et des relations insectes-plantes hôtes et insectes-agents pathogènes. Dans l'état actuel des connaissances, les possibilités de lutte résident principalement dans le maintien à un niveau le plus bas possible des populations vectrices, soit directement (lutte chimique) soit indirectement en agissant sur les plantes hôtes spontanées et sur des pratiques culturales (par exemple l'ombrage sur les pépinières).

Pour ces maladies, les possibilités de lutte génétique sont très variables : elles sont réelles pour le *swollen shoot* du cacaoyer et on possède maintenant des hybrides à haut niveau de résistance (Paulin *et al.*, 1994) ; elles existent aussi pour le dépérissement foliaire du cocotier contre lequel les variétés traditionnelles restent résistantes ; à l'inverse la régénération des cocoteraies dévastées par le jaunissement mortel est plus problématique car les sources de résistance semblent différentes selon les grandes régions touchées. Il existe toutefois des espoirs raisonnables d'obtenir des variétés résistantes et productives.

Conclusion

Lorsque les espaces forestiers ne sont plus accessibles, le problème de la régénération

des vieilles plantations se pose pour les planteurs de cultures pérennes. Les conditions agronomiques de la production ont alors changé : dégradation de la fertilité chimique, physique et biologique des sols, évolution du climat, pression accrue des maladies et des ravageurs..., et il n'est plus possible de relancer la culture par simple reproduction des itinéraires techniques employés lors de la première installation des cultures (Petithuguenin, 1996).

Dans le domaine des maladies, il est cependant nécessaire de distinguer ce qui est dû aux maladies dont l'évolution est lente et localisée, liée aux conditions d'exploitation de la parcelle de ce qui est dû aux maladies apparues plus ou moins précocement en cours de culture, mais qui se sont rapidement répandues dans toute la zone considérée.

Dans le premier cas, la pression des maladies dans la parcelle replantée est étroitement fonction de la proportion de plants malades qui a été observée lors du premier cycle dans la même parcelle, autrement dit du taux d'inoculum maintenu dans le sol. Si celui-ci a été maintenu à une valeur acceptable, la replantation peut être réalisée ; dans le cas contraire, la réussite de la replantation est compromise sauf à disposer de nouvelles variétés dont la résistance est forte et stable, cette dernière caractéristique étant toujours très difficile à établir.

Dans le second cas au contraire, la pression parasitaire sera certainement plus forte à la replantation qu'à la première

plantation quelques décennies auparavant, mais cela est dû à la généralisation avec le temps de la ou des maladies dans une région donnée, plus rarement à l'apparition de nouvelles souches du pathogène. La replantation, en soi, n'est pas un facteur aggravant par rapport à une plantation voisine en première plantation et d'un âge comparable. Les principes de lutte contre les maladies dans les parcelles replantées ne sont alors pas fondamentalement différents de ceux appliqués dans les parcelles en première plantation. Ils résident dans les possibilités de réduire durablement la multiplication de l'agent pathogène, qu'il soit véhiculé naturellement ou par l'intermédiaire d'insectes vecteurs. ■

Bibliographie / References

- BERRY D., 1999. Lutte chimique raisonnée et techniques culturales. *In* : Les maladies des cultures pérennes tropicales, D. Mariau éd., Montpellier, France, Cirad, coll. Repères, p. 187-230.
- 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.
- MARIAU D., VAN DE LANDE H.L., RENARD J.L., DOLLET M., ROCHA DE SOUZA L., RIOS R., ORELLANA F., CORRADO F., 1992. Les maladies de type pourriture du cœur sur le palmier à huile en Amérique latine. *Symptomatology - Epidemiology - Incidence. Oléagineux* 47 (11) : 605-618.
- PAULIN D., DJIEKPOR E.K., CAPLONG P., CILAS C., 1994. Evaluation de la résistance du cacaoyer au virus du *swollen shoot*. 11^e Conférence internationale sur la recherche cacacoyère, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, 18-24 juillet 1993, p. 269-274.
- PETITHUGUENIN P., 1996. Cacaocultures et évolution du milieu, une contribution à la réflexion sur la reproductibilité de ces systèmes de culture. *In* : Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, actes du séminaire, Montpellier, France, 13-17 novembre 1993, Cirad, coll. Colloques, p. 340-349.
- RENARD J.L., 1999. Symptomatology and incidence économique. *In* : Les maladies des cultures pérennes tropicales, D. Mariau éd., Montpellier, France, Cirad, coll. Repères, p. 19-75.
- VILLAIN L., SARAH J.L., DECAZY B., MOLINA A., SIERRA S., 1996. Evaluation of grafting on *Coffea canephora* var. *Robusta*, and chemical treatment for control of *Pratylenchus* sp. *In* : *C. arabica* cropping system. *Nematropica* 26 (3) : 325.

Tableau 5. Facteurs d'évolution des maladies à transmission biologique des cultures pérennes. / *Factors in the development of biologically transmitted diseases of tree crops.*

Environnement Environment Système de culture / Cropping system	Plante Plant	Pathogène Pathogen
Population des insectes vecteurs <i>Vector insect population</i> Nature du vecteur <i>Type of vector</i> Plantes hôtes du vecteur <i>Vector host plants</i> Plantes réservoirs du pathogène <i>Pathogen reservoir plants</i> Plantes de couverture <i>Cover crops</i> Itinéraires techniques <i>Crop management sequences</i> Interventions insecticides <i>Insecticide applications</i> Ombrage (pépinières) <i>Shading (nurseries)</i>	Résistance/sensibilité au pathogène <i>Resistance/susceptibility to pathogen</i> Résistance ou moindre préférence vis-à-vis de l'insecte vecteur <i>Resistance to or reduced preference with respect to vector insect</i>	Date d'apparition de la maladie <i>Date of disease appearance</i> Variabilité du pathogène <i>Pathogen variability</i> Relations avec le(s) vecteur(s) <i>Relations with vector(s)</i> Modes de transmission <i>Modes of transmission</i> Durée d'incubation <i>Incubation time</i>

Elements for consideration regarding the impact of diseases on tropical tree crop replanting operations

Follin J.C.

CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

The tree crops grown in the humid Tropics (cocoa, coffee, coconut, rubber and oil palm) are an important source of income for many countries in the Americas, Africa and Asia. They have expanded considerably since 1945, particularly through the use of virgin land, generally tropical forest areas. This pioneer phase is now over in most countries, and replanting is necessary to ensure sustainable development of these crops.

Such replanting operations are a far from easy task, as numerous sociological, economic and agricultural factors often combine to complicate matters. One of the most commonly quoted technical obstacles to replanting is phytosanitary problems, be they due to pests or diseases, and it is clear that such problems increase the longer the growth cycle, exacerbated—unlike with annual crops—by the permanent contact between the crop and its enemies.

However, phytosanitary issues are often quoted indiscriminately, without distinguishing between what is due to epidemic development over time and the effect of replanting itself. The decision to replant nevertheless has to make that distinction, and it is essential to be able to evaluate the severity of the parasite attacks that can be expected in a replanted plot and in a neighbouring plot set up at the same time on cleared land or after a long fallow period.

Clearing forest and setting up a crop considerably reduces the range of plant species. In the case of tropical tree crops, this range is limited to three populations that interact in a more or less controlled way: the cultivated plant, the cover crop (if there is one) and weed species¹.

The fact that a single cultivated crop is involved prompts a succession of events and a combination of factors that in turn lead to the development of infectious pathogens: the introduction of new pathogens from other areas or the assimilation of an existing inoculum, easier contact between the pathogen and the host plant, infection, and the constitution and dissemination of a new inoculum. Epidemic

development means that this pattern is repeated, generating successive cycles that produce an increasing amount of inoculum.

Rational control thus requires knowledge of how epidemics develop if there is to be any chance of influencing some of the contributing factors (the level of primary inoculum, resistance to infection, the ambient environment in the plot, etc). These parameters can be split into three subsystems of interdependent variables: the host subsystem, that related to the pathogens and that governed by the environment.

Given the wide range of diseases, there is obviously not just one universal solution, but neither can it be said that each disease is a specific case. Based on their characteristics and on crop management techniques, it is possible to determine overall trends with a view to forecasting damage and, consequently, to planning control methods using preventive, chemical or genetic methods, depending on the target parameter.

For instance, with tropical tree crops, given the geographical area concerned and epidemic development patterns, diseases can be split into two main groups: diseases that develop slowly and whose evolution and intensity can be defined plot by plot, and those that develop rapidly, in which case the epidemic exceeds a single farm scale and has to be considered in an ecoregional context.

Diseases that develop slowly and remain localized

With annual crops, this category corresponds to so-called monocyclic diseases, in which infected tissues do not become infectious until the following crop cycle, if at all. With tree crops, this delay of the inoculum is undoubtedly less marked, but the result is roughly the same: diseases which develop linearly in the first few years—sometimes described as “simple interest” diseases—and which are primarily controlled by mastering the initial level of inoculum.

The development of these diseases remains very closely linked to the uniformly managed plot concerned. In most cases, the organisms that cause them complete part of their cycle in a saprophytic form in the soil, ie rots and vascular diseases. The category also includes nematodes, whether they be the primary cause of the disorder or the disease vector.

Rots

Rots primarily concern rubber and oil palm, and to a lesser extent coffee plantations. On cleared forest areas, the fungi responsible² are already present on certain trees, and felling them favours the development of the fungi, which invade the dead stumps. The disease then spreads from tree to tree from the primary foci, and although its development remains slow and linear, losses can often reach 50% of trees by the end of the production cycle in severely affected zones (Berry, 1999; Renard, 1999).

Irrespective of whether new plantings or replantings are concerned, rot control involves mastering the infection foci (table 1). In this case, the level of inoculum is controlled using preventive methods.

Vascular diseases

Vascular diseases are represented by oil palm vascular wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (Schlecht) Toovey, and coffee vascular wilt or tracheomycosis, caused by *Fusarium xylarioides* (Stey) Gordon.

Vascular wilt is the most serious oil palm disease in Africa, it exists in Latin America but has not yet caused any noticeable damage, and it has not yet been observed in Asia. Unlike rots, vascular wilt does not occur immediately in new plantings on cleared land, but generally six or seven years after planting. However, it can cause damage right from year one in replantings (Renard, 1999). Its occurrence in replantings is governed by the type of planting material, the history of the replanted sites and the immediate surroundings. Disease expression then depends on the cropping choices made by the planter (de Franqueville and Renard, 1988).

The success of the replanting operation thus depends on how the disease evolved during the first cycle, on the planting material chosen for the second, and on adopting certain crop practices (planting in the interrow, leaving bare soil around the young plants, etc). The choice of varieties is crucial, and no matter what crop techniques are used to control the level of inoculum and the disease, all the efforts made will come to nought if the planting material used for replanting is susceptible.

² *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imaz on rubber, *Ganoderma lucidum* (Leyss. ex Fr.) Karst. on oil palm, *Clitocybe elegans* Heim on coffee.

¹ In certain zones or cropping systems, it is also important to take account of remaining forest species or shade trees which can act as relays for pests or, on the contrary, as reservoirs for auxiliary insects.

Coffee vascular wilt (*tracheomyces*) is not widespread, but had a disastrous impact on *Coffea excelsa* in central Africa and on two local *C. canephora* varieties in Côte d'Ivoire in the 1940s and 50s. There are now signs that the disease may be developing in the Arabica plantings of East Africa. Relatively little is known about it, but its development within plots seems to be much faster than conventional vascular wilts, for instance that affecting oil palm. This is probably due to the fact that the fungus is also spread by sporulating mats on the bark of plants in which the disease is already at an advanced stage. There are very marked differences in susceptibility between both species and varieties, and the planting material to be used for replanting in affected areas is thus of crucial importance.

Bud rot

As the epidemic stands at present, oil palm bud rot should apparently be included in this group of plot-specific diseases. It is true that neither the causal agent nor the vector (if there is one) have yet been identified, but it cannot be denied that evolution patterns vary substantially from one plantation to another, and from one plot to another within a given plantation (Mariau *et al.*, 1992). It is also known that in replantings in infected plots, the evolution of the number of diseased plants very rapidly becomes exponential, whereas in the case of primary infection, it takes almost ten years and sometimes more to reach this type of evolution (Mariau *et al.*, 1992). As far as is currently known, exploiting the tolerance of *E. oleifera* by interspecific hybridization with *E. guineensis*, followed by backcrossing, is apparently the only solution. In the long term, mastering the disease is the key to continued oil palm development in Latin America.

Nematodes

Root nematodes, both gall-forming and free-living, act in many ways like soil-based fungal pathogens: slow contamination from plot to plot, very gradual increase in the number of affected plants, corresponding to *in situ* pathogen multiplication, marked influence of soil type, complex, often specific resistance-virulence type host-parasite relations, etc.

Arabica coffee trees are particularly susceptible to two nematode genera: *Meloidogyne* (gall-forming nematodes) and *Pratylenchus* (free-living nematodes). In certain regions of Guatemala, average losses are estimated at 20% and can reach 80% in certain plots (Villain *et al.*, 1996). In these extreme cases, replanting is impossible unless Arabica material grafted onto certain resistant Robusta varieties (for instance Nemaya) is used and

crop practices are modified accordingly (particularly organic fertilizer applications and shading).

Diseases that spread rapidly and over a wide area

These diseases are caused by pathogens capable of multiplying several times during a crop cycle (polycyclic diseases). Epidemics develop exponentially in the initial stages—so-called “compound interest” diseases—and are subsequently modified by the fact that the proportion of healthy organs open to infection decreases as they develop. To control such diseases, it is above all crucial to slow inoculum multiplication, rather than limiting the initial level as with monocyclic diseases.

With these diseases, epidemics have to be viewed on an ecoregional rather than a plot level. In most cases, they are diseases of the aerial organs, generally caused by fungi with a high sporulation capacity and whose infectious components are transmitted by means as varied as the wind, runoff water, farming implements and sometimes animal vectors (for instance chewing insects).

This group also includes biologically transmitted diseases. For the plants concerned here, the insects responsible, insofar as they have been identified, are all hemipterans and are not dependent on a single host. Disease dissemination thus primarily depends on the vector insects' ability to multiply and spread. Insofar as the cultivated area is covered by tree crop species, insect population dynamics are also studied more on an ecoregional than on a plot level.

Diseases with diverse modes of transmission

The main diseases (table 2) concern cocoa, coffee, coconut and rubber. On cocoa, the three diseases quoted are major limiting factors in each of the main regions in which they are found, as is *Microcyclus* on rubber in Latin America.

Given the nature of the causal agents and the varying modes of transmission, these diseases, which primarily concern aerial organs, generally develop rapidly, and the factors involved in their development vary widely (table 3). However, in a stable plant-cropping system-environment relations system, an equilibrium is rapidly reached which, for a disease, can vary considerably depending on the region, but which changes little from one year to the next over relatively long periods.

For instance, cocoa black pod disease causes losses of around 15 to 20% in Côte d'Ivoire and Ghana, 30 to 75 % in Nigeria and over 50, if not 80 to 95%, in Cameroon (Renard, 1999).

Moreover, the high levels of damage seen in Cameroon are quite recent, over the past 10-15 years; losses were previously much lower (Despréaux, pers. comm.). These synchronic and diachronic differences can probably be put down to differences or changes in pathogen population structure, notably to the degree of involvement of a particularly aggressive species: *Phytophthora megakarya* Brasier and Griffin and, to a lesser extent, to a lapse in fungicide treatments.

Under these conditions, the expected overall level of damage in a given region primarily depends on the date when the disease appeared and the conditions for epidemic development. Unlike soil-based diseases, crop cycle length is no longer a determining factor in epidemic evolution³ and there is no reason to assume that a replanted plot will be more severely attacked than a first-generation planting of the same age or a neighbouring older planting, provided the planting material and crop management sequences are the same.

Biologically transmitted diseases

In almost every case, these are phloem-restricted diseases caused by viruses or phytoplasmas, or more rarely by *Phytophthora*⁴, and which lead to general decay. These phloem-restricted diseases are generally exclusively transmitted by insects, primarily hemipterans.

Apart from cocoa swollen shoot, it is palms that are most severely affected by these diseases (table 4). They are generally geographically limited, except for coconut lethal yellowing diseases, which are seen in Africa, the Caribbean and Central America and which are a real threat to the survival of coconut growing in these major regions.

As disease transmission is almost exclusively by flying insects, it is clear that epidemic development (table 5) primarily depends on the behaviour of the vector insects and on insect-host plant and insect-pathogen relations. As things stand at present, the possibilities for control primarily lie in keeping vector population levels as low as possible, either directly (chemical control) or indirectly, by intervening on wild host plants and crop practices (for instance nursery shading).

For these diseases, the possibilities of genetic control are very variable: they are very real for cocoa swollen shoot, and highly resistant hybrids are now available (Paulin *et*

³ Crop cycle length is nevertheless an important factor to take into account, due to its role in selection pressure, as it contributes to changes in pathogen population structure.

⁴ Apart from red ring disease of oil palm, caused by a nematode transmitted by a weevil, which is a different matter altogether.

al., 1994); there is also hope for coconut foliar decay, to which the traditional varieties are still resistant; however, regenerating the coconut plantations wiped out by lethal yellowing is more problematic, since the sources of resistance apparently vary depending on the main regions affected. Nevertheless, there is reasonable hope of obtaining resistant, productive varieties.

Conclusion

When forest land is no longer accessible, tree crop planters are faced with the problem of regenerating old plantations. The agronomic conditions of production have changed: reduced soil chemical, physical and biological fertility, climatic changes, increased pest and disease pressure, etc, and it is no longer possible to

relaunch the crop merely by reproducing the crop management sequences used for the first-generation planting (Petithuguenin, 1996).

In terms of disease, it is nevertheless necessary to distinguish between the effects of diseases which evolve slowly and locally as a result of plot management conditions, and those of diseases that appeared more or less early on in the crop cycle but which rapidly spread throughout the zone considered.

In the former case, disease pressure in replanted plots is closely linked to the proportion of diseased plants seen during the first cycle in the same plot, in other words to the amount of inoculum in the soil. If inoculum levels have remained acceptable, replanting is possible; if not, the success of replanting is in jeopardy, unless new varieties with high, stable

resistance are available, and the stability of resistance is always very difficult to establish.

In the latter case, on the other hand, parasite pressure will almost certainly be stronger on replanting than it was on first planting the plot several decades earlier, but this is due to the spread in time of the disease or diseases in a given region, and more rarely to the appearance of new pathogen strains. Replanting in itself is not an adverse factor in relation to a neighbouring first-generation planting of a similar age. The principles of disease control in replanted plots are not fundamentally different from those practised in first-generation plots. They hinge on the possibilities of ensuring a long-term reduction in pathogen multiplication, whether the pathogen in question is transmitted naturally or by vector insects. ■