14 Ravageurs et phytopathologie des forêts et des plantations

Introduction

Les ravageurs et leurs manifestations

Phytopathologie
- Pépinières
  - Champignons
  - Insectes
- Plantations
  - Champignons
  - Insectes
  - Mammifères
- Forêts naturelles
  - Champignons
  - Mammifères
- Biodégradation du bois et des écorces d'arbres fraîchement abattus
- Conclusions

Lutte et prévention
- Méthodes de lutte
  - Lutte chimique
  - Lutte biologique
  - Techniques sylvicoles
  - Prévention des épidémies
- Lutte contre les maladies et les ravageurs importants
  - Pépinières
  - Plantations
  - Biodégradation du bois et des écorces d'arbres fraîchement abattus
- Conclusions

Forêts et plantations
- Conclusions

Les recherches nécessaires et les priorités

Bibliographie

Introduction

De nombreuses communications sur les ravageurs et la phytopathologie des forêts tropicales ont été présentées à l'occasion d'un colloque organisé à Oxford conjointement par l'IUFRO et la FAO en 1964, puis publiées l'année suivante en deux volumes intitulés *IUFRO/FAO Symposium on Internationally Dangerous Forest Pests and Diseases.* En conséquence, seuls les principaux problèmes qui ont été étudiés au cours de la décennie suivante, et particulièrement entre 1969 et 1974, seront considérés dans ce chapitre. On pourra également consulter la liste annotée de Spaulding (1961) sur les maladies d'origine virale, bactérienne ou fongique des essences forestières.

On désignera par fléau, ravageur ou agent pathogène les organismes à action destructrice tandis que le terme de maladie s'appliquera aux perturbations d'ordre physiologique ou structural causées par un ravageur, ou par le défaut d'un symbiote ou encore par une carence nutritionnelle. Les dégâts se rapportent aux aspects sociaux et économiques des destructions causées par les ravageurs. Ceux-ci jouent un rôle important dans les écosystèmes, particulièrement dans les forêts où la plupart participent aux fonctions essentielles de dégradation, de décomposition et de recyclage des éléments nutritifs.

Les ravageurs et leurs manifestations

Les Phanérogames parasites constituent un grave problème dans certaines régions, mais elles ne seront pas traitées dans ce chapitre. Les guis (Loranthacées) semblent responsables des dégâts les plus importants (Greenham et Hawksworth, 1965); beaucoup d'espèces attaquent des hôtes très divers. La dissémination des graines peut se faire par éclatement chez les guis non feuillus et par l'intermédiaire des animaux, surtout des oiseaux, chez les guis feuillus. Les guis non feuillus sont représentés par le genre épiphyte, *Arceuthobium*, parasite de Cupressacées et de Pinacées (Hawksworth et Wiens, 1972). Ils induisent la production de nombreux rameaux tordus appelés balais de sorcière. La croissance de l'arbre est ralentie quand la moitié supérieure du houppier est touchée et un parasitisme important peut même tuer l'arbre.

Les virus sont des particules infectieuses ultramicroscopiques constituées par une molécule centrale d'un acide

nucléique mono ou dicaténaire, entourée ou non d'une enveloppe protéique (Carter, 1973). Leurs manifestations sont diverses : certains détruisent la chlorophylle des feuilles de façon irrégulière ou empêchent sa formation uniforme, il s'agit des mosaïques ; d'autres provoquent un nanisme, la formation d'excroissances foliaires, l'enroulement et la nécrose des feuilles, le jaunissement, des balais de sorcière, des galles, le gigantisme des bourgeons et des fleurs, l'apparition de bourgeons et de racines adventives ainsi que des boursouflures et des tumeurs des racines (Seliskar, 1965 ; Carter, 1973). Si les symptômes sont généralement caractéristiques pour chaque espèce hôte, ils peuvent être extrêmement variables d'une espèce à l'autre. Les virus peuvent être transmis par de nombreux vecteurs et mécanismes : insectes (particulièrement des Aphididés, des Aleyrodidés, des Miridés et des Coccoïdés), des acariens, des nématodes, des champignons, par l'intermédiaire des graines, du pollen, des plantes parasites (cuscutes), des greffes, du bourgeonnement et de la sève (Carter, 1973). Seliskar (1965) dénombre peu de virus parmi les ravageurs des forêts tropicales.

Les mycoplasmes sont passés au premier plan ces dernières années. Parmi les maladies groupées sous le terme de maladies de jaunissement, attribuées jusqu'en 1967 à des virus, plusieurs sont en fait causées par des organismes de type mycoplasme (MLO)[1]. La prolifération de bourgeons axillaires et le raccourcissement des entrenœuds donnant naissance aux balais de sorcière, la fragilité, la chlorose et la réduction de la taille des feuilles, le remplacement de parties florales par des feuilles, représentent des symptômes caractéristiques (Hull, 1972). Les agents vecteurs sont surtout des insectes, notamment des Cicadellidés.

Les bactéries, d'un diamètre de l'ordre du micron généralement, ont besoin de voies d'accès ; les lenticelles, stomates et autres pores constituent autant d'orifices naturels d'accès auxquels s'ajoutent les traumatismes accidentels (Carter, 1973). Différents agents en assurent la transmission : la pluie, le vent, les insectes, etc. Dans les régions tropicales chaudes et humides, les bactéries sont abondantes sur les plantes et dans le sol, mais il existe peu d'études sur leur écologie en forêt. Leur mode d'action est plus limité et plus durable. On les trouve principalement dans les cellules du parenchyme vasculaire et de l'aubier; dans les arbres fraîchement abattus, elles prolifèrent entre le bois et l'écorce. Sur les arbres vivants, leurs manifestations sont diverses : brûlure des feuilles, rouille, apparition de taches sur les feuilles, hyperplasies, pourritures et flétrissement ; les symptômes de coloration bactérienne ou de cœur mouillé (cœur détrempé) peuvent être également causés par des bactéries (Rossell *et al.*, 1973).

Dans son excellente introduction à la phytopathologie forestière, Boyce (1961) mentionne peu de problèmes tropicaux. Depuis 1965 ont été publiés de nombreux rapports sur les maladies tropicales causées par des champignons et d'autres agents pathogènes associés, concernant des régions géographiques déterminées, un hôte ou un ravageur particulier.

Les maladies fongiques les plus communes sont les suivantes : le pourrissement puis la mortalité des plantules dans les pépinières sont fréquents et souvent d'une incidence alarmante. Selon Reddy (1969) cela peut se produire à trois stades : avant l'émergence ; juste après la germination, au stade cotylédonnaire ; au stade de la plantule enfin. Dans ce dernier cas la pourriture des racines qui se produit est rarement léthale ; elle inhibe toutefois la croissance. Le dépérissement est causé par de nombreux champignons du sol qui sont des agents pathogènes facultatifs. Leur activité pathogène peut être induite par certaines conditions mésologiques, défavorables aux plantes mais propices pour les champignons, telles qu'une sécheresse ou une humidité excessives, un pH extrême ou une texture particulière du sol.

Les pourritures fongiques peuvent être classées en trois groupes selon qu'elles affectent le tronc, la base du tronc ou les racines (Bakshi, 1965). Dans les pourritures du tronc le champignon peut entrer par deux types de voie d'accès : les blessures ou cicatrices causées par les feux, l'élagage, le vent, les chancres, les animaux ou la chute des branches mortes; les chicots et les nœuds qui se forment normalement sur les tiges. Les champignons qui provoquent les pourritures de la base du tronc et des racines pénètrent par les racines saines ou blessées et progressent jusqu'à la base du tronc; des blessures à ce niveau peuvent être également responsables. La pourriture des racines est une maladie plus insidieuse parce qu'il est extrêmement difficile d'en déterminer l'étendue sans endommager sérieusement ou tuer l'hôte (Foster, 1965). La pourriture du cœur est très fréquente dans les vieux arbres de certaines espèces et elle entraîne des pertes importantes lors du tronçonnage. Bakshi (1965), Foster (1965) et Bakshi et Singh (1979) ont publié d'excellents rapports sur ces maladies.

Les lésions de l'écorce communément appelées chancres sont relativement très fréquentes chez plusieurs espèces pour lesquelles les dommages économiques sont cependant rarement évidents. Krstic (1965) distingue quatre types de chancres : des chancres ouverts persistants; des chancres internes persistants; des chancres internes temporaires; et des nécroses généralisées de l'écorce caractérisées par l'absence de cals. Bactéries et champignons sont les principaux agents et deux ou plusieurs espèces en sont fréquemment responsables. Insectes et nématodes sont aussi souvent en cause. Certains facteurs de l'environnement ou liés à la pratique culturale (site impropre, sécheresse, âge, humidité excessive et manque de vigueur des arbres) favorisent le développement des chancres. Krstic (1965) signale peu de problèmes dus aux chancres dans les régions tropicales.

Les rouilles (Protobasidiomycètes : Urédinales) sont très nombreuses sous les tropiques. Elles sont généralement monoéciques (ayant un seul hôte) tandis qu'en zone tempérée elles sont hétéroéciques. En forêt elles sont généralement hétéroéciques et associées aux conifères. Les rouilles sont plus dispersées dans les forêts tropicales mélangées, car on y rencontre de nombreux arbres non sensibles et « la plupart du temps un arbre-hôte n'a que peu de chances de donner lieu à la formation d'une grande quantité de spores

1. *Mycoplasma-like organisms.*

et de représenter une sérieuse menace dans les conditions naturelles ». La décoloration rougeâtre du feuillage ou des graines est un symptôme largement reconnu des rouilles ; mais elles provoquent aussi la formation de chancres et de galles sur les branches et les troncs, déforment les jeunes rameaux et produisent parfois des balais de sorcière (Gremmen, 1965).

Les mycorhizes jouent un rôle écologique important dans les forêts ; leur absence donne lieu à des symptômes pathologiques, en particulier des carences en éléments nutritifs. Les mycorhizes participent à une absorption plus efficace des éléments minéraux disponibles en faibles quantités, car les racines disposent d'une surface absorbante plus importante (Bakshi et Kumar, 1968). Des ectomycorhizes, dans lesquels le système radical est hétérozoïque, existent chez les Fagacées, les Myrtacées, les Pinacées et quelques autres familles, tandis que des mycorhizes vésiculo-arbusculaires, dans lesquels les hyphes pénètrent à l'intérieur des cellules de l'hôte, se rencontrent dans la plupart des autres familles, et en particulier chez les genres *Araucaria*, *Cupressus*, *Podocarpus*, *Swietenia* et *Tectona*. Sous les tropiques les mycorhizes sont indispensables à la réussite de la plantation de nombreux arbres exotiques et on doit en tenir compte dans les projets de reboisement. Une revue exhaustive du rôle des mycorhizes dans les opérations de reboisement a été publiée par Mikola (1970) qui donne plusieurs exemples tropicaux. Smith (1974) a publié une synthèse sur la physiologie et les associations des champignons mycorhiziens.

Bien que les insectes aient suscité le plus grand intérêt ce serait une erreur de leur attribuer plus de dégâts qu'aux champignons. Presque tous les insectes ravageurs des forêts tropicales appartiennent à l'un ou à l'autre des cinq ordres suivants : Coléoptères, Hémiptères, Isoptères, Lépidoptères et Orthoptères. Les dégâts qu'ils provoquent peuvent être classés en quatre grandes catégories : les défoliations (directes ou indirectes), causées principalement par les larves de Lépidoptères et par quelques Coléoptères et Orthoptères; les perforations et galeries creusées dans les graines, les écorces, le bois et les bourgeons, dues surtout aux Coléoptères et Isoptères et à quelques Lépidoptères; la consommation de l'écorce et du bois, principalement par des Coléoptères; enfin les nécroses et le flétrissement causés par les substances chimiques sécrétées par certains Hémiptères. Les insectes sont en outre les vecteurs de nombreusse maladies importantes. On a constaté depuis 1970 un net accroissement des recherches sur les insectes ravageurs en régions tropicales, particulièrement dans les plantations.

Un inventaire exhaustif des principaux problèmes posés par les insectes dans les forêts tropicales, y compris pour les produits forestiers, a été publié par Gray (1972*a*) tandis que Lamb (1974) donne des indications sur quelques ravageurs des forêts.

Ruehle (1973) remarque que « les maladies des arbres forestiers provoquées par des nématodes restent pratiquement ignorées. Le peu de considération accordée à l'écologie de la rhizosphère explique probablement la méconnaissance de l'importance des nématodes dans les conditions édaphiques et le choix des sites en foresterie. Les dégâts causés aux racines des arbres par les nématodes sont généralement passés inaperçus ».

D'autres animaux peuvent provoquer de graves dégâts dans les forêts et plantations tropicales. La plupart d'entre eux sont relativement grands et autochtones, tels par exemple, dans les forêts d'Afrique occidentale, plusieurs rongeurs végétariens qui se nourrissent de fruits, de fleurs, de feuilles ou d'écorces tendres (Rosevear, 1969). Les Ongulés introduits, bovins, chèvres et cerfs, peuvent être cause de sérieux dommages s'ils sont laissés sans surveillance. Kulkarni (1968) classe les types de dégâts causés aux forêts tropicales par les animaux sauvages en : tassement des sols; piétinement de la végétation; fouissement pour dégager les racines; broutage; arrachage de l'écorce; destruction de graines. Bien que de tels dégâts soient assez courants, il existe peu de rapports à ce sujet dans les publications récentes.

La mortalité des graines imputable aux ravageurs est souvent considérable. Selon Janzen (1971), les prédateurs de graines exercent une profonde influence sur la composition des communautés végétales en maintenant la diversité spécifique. Bactéries, champignons, insectes, oiseaux et mammifères sont à cet égard les principaux ravageurs. Noble et Richardson (1968) ont donné une liste des maladies des graines. La production et la maturation des graines ont lieu à une certaine période de l'année, chaque année ou avec une périodicité plus grande, et pendant cette période plusieurs prédateurs, particulièrement des oiseaux et des insectes, présentent des populations importantes et prélèvent alors de grandes quantités de graines. De nombreux organismes peuvent s'attaquer aux graines d'un seul hôte.

Les problèmes relatifs aux importantes essences forestières tropicales ont été rassemblés par Lamb (1968*a*) pour *Gmelina arborea*, par Lamb (1968*b*) pour *Cedrela odorata*, par Ntima (1968) pour *Araucaria* spp., par Cooling (1968) pour *Pinus merkusii*, par Lamb (1971) pour *P. caribaea* et par Lamb et Ntima (1971) pour *Terminalia ivorensis*.

Phytopathologie

Les ravageurs et les maladies sont rarement décelés aux premiers stades du dommage causé ou de l'infection. La destruction ou la mort des arbres ne sont généralement constatées que lorsque le phénomène est devenu important et que, parfois, le ravageur a déjà disparu. Plusieurs organismes nuisibles peuvent être observés au même endroit et il est difficile d'isoler le principal agent pathogène (Viennot-Bourgin, 1974). Identifier l'espèce est un autre problème puisque beaucoup n'ont pas encore été décrites.

Les exemples présentés dans ce chapitre donnent un aperçu des problèmes auxquels sont confrontés les forestiers tropicaux. Il n'est pas possible de caractériser avec précision les espèces nuisibles par le type de dommages causés, leurs hôtes spécifiques ou tout autre trait considéré isolément. Par exemple, le perceur de bourgeons apicaux bien connu *Hypsipyla grandella* (Zeller) [Lépidoptères : Pyralidés] est un fléau des plantations, des forêts, des graines, des germi-

nations et des arbres. Les problèmes posés par les ravageurs et les maladies seront mentionnés dans ce chapitre sous l'angle biologique et biogéographique : détermination du ravageur et du type de maladie associé; principaux parasites et prédateurs; étendue des dommages; âge des principaux hôtes; bref historique de la présence du ravageur dans la localité.

Pour les insectes ne seront considérées que les publications les plus récentes ainsi que celles non mentionnées par Gray (1972*a*). Insectes mis à part, l'importance relative accordée dans ce chapitre à chaque catégorie de ravageur reflète bien davantage la place qu'il occupe dans la bibliographie (ou même la proportion de ses spécialistes) que son importance numérique, la sévérité des dégâts et les incidences économiques. Le statut de fléau majeur a été arbitrairement attribué aux espèces responsables de dégâts importants causés à des essences d'intérêt commercial ou lorsque les auteurs ont considéré qu'elles pouvaient provoquer de sérieux problèmes.

Il est difficile d'avoir des données précises sur les pertes causées. Un inventaire effectué en Inde dans les années 1950 a montré que les pertes totales étaient d'environ 13 % (Ministry of Overseas Development, 1958). Cette estimation paraît plutôt modérée étant donné les difficultés de reconnaissance d'un aussi vaste territoire forestier. En outre, elle se rapporte principalement aux forêts naturelles où maladies et insectes ne donnent normalement pas lieu à des phénomènes épidémiques.

Pépinières

Les pépinières offrent aux organismes nuisibles, dans un espace restreint, une nourriture très riche et à un stade généralement uniforme. Mais en revanche, la lutte y est relativement facile à conduire. Bien des problèmes de maladies ou de fléaux apparus dans les pépinières furent la conséquence de leur mauvaise localisation, du défaut d'entretien, et de la mauvaise appréciation ou étude des besoins nutritionnels des jeunes plantes. A quelques exceptions près (par exemple la pourriture du cœur), les maladies des plantules sont les mêmes que celles dont souffrent les plantes adultes. Hodges (1965) a fort bien décrit les principales maladies pouvant survenir dans les pépinières forestières.

Champignons

Dans les pépinières de *Pinus* du Kenya et de Tanzanie les pertes étaient de 59 % pour les *P. caribaea* âgés de 4 mois et 56 % pour les *P. patula* de 5 mois. Plusieurs espèces de champignons en seraient responsables, parmi lesquelles *Botryodiplodia theobromae* Pat. (Sphaeropsidales : Sphaerioidacées), *Corticium solani* (Prill. et Delacr.) Bourd. et Galz. (Agaricales : Corticiacées) et *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. (Hocking et Jaffer, 1969). Les champignons du sol *Fusarium* spp., *Pythium* spp. (surtout *P. ultimum* Trow) et *Rhizoctonia solani* étaient surtout responsables du grave dépérissement qui survient périodiquement dans les pépinières de *Pinus* en Afrique orientale (Gibson et Hudson, 1969).

Au Kenya, durant la saison pluvieuse et fraîche, les lésions foliaires des jeunes plants de *Vitex keniensis* en pépinière étaient particulièrement évidentes. *Phoma viticis* Celotti (Sphaeropsidales : Sphaerioidacées) et *Phyllosticta ragatensis* Ivory (Sphaeropsidales : Sphaerioidacées) étaient responsables de cette maladie. Les dégâts sont surtout causés par la première espèce qui provoque la mort des feuilles et des bourgeons apicaux (Ivory, 1967*a*). Beaucoup d'échecs de greffes de *Cupressus lusitanica* observés au Kenya semblaient dus avant tout à une infection fongique au niveau de la greffe par *Monochaetia unicornis* (Cooke et Ellis) Sac. (stade parfait *Rhychosphaeria cupressi* Natrass, Booth et Sutton, Mélanconiacées) (Gibson et Howland, 1969; Howland et Gibson, 1969). *Colletotrichum acutatum* Simmonds f. sp. *pinea* Dingley et Gilmour est l'agent pathogène responsable d'une déformation en crosse de l'extrémité des tiges de pins, notamment de *Pinus radiata*, dans trois ou quatre pépinières forestières situées entre 1 800 et 2 500 m d'altitude au Kenya (Gibson et Munga, 1969). Il est propagé sur de grandes distances par le transport des plantes malades. La nécrose des bourgeons terminaux provoque une rigidité et un épaississement anormaux des tiges des plantules hautes de 3 à 30 cm. La pourriture violette des racines causée par *Helicobasidium compactum* Boedijn (Auriculariales : Auriculariacées) a été signalée pour la première fois en 1963 chez des plantules de teck en Tanzanie et une mortalité importante (le nombre de pieds détruits fut de l'ordre de 100 000) se produisit pendant les mois pluvieux de 1964 (Hocking et Jaffer, 1967). Après le transfert de la pépinière dans un site plus favorable, la maladie n'a plus été observée.

Insectes

Au Nigéria, les déprédations causées sur les plantules et les individus transplantés de *Triplochiton scleroxylon* par des psylles sont importantes (voir Gray, 1972*a*). Deux espèces, *Diclidophlebia eastopi* Vondracek et *D. harrisoni* Osisanya (Hémiptères : Psyllidés) sont responsables des dégâts : le cyle biologique des psylles se déroule entièrement sur les feuilles dont elles se nourrissent; celles-ci tombent prématurément et les bourgeons apicaux sont tués; il en résulte un rabougrissement et une ramification excessive (Osisanya, 1970). Osisanya (1969) concluait que les pieds de circonférence inférieure à 6 cm ne pouvaient servir aux opérations de transplantation dans les conditions naturelles.

Plantations

Champignons

Poria vincta var. *cinerea* (Bres.) Setliff (Aphyllophorales : Polyporacées), qui est aussi une pourriture des racines, était pathogène pour 10 espèces d'arbres exotiques et se développe sur les grumes et les souches de 21 espèces indigènes des forêts d'altitude d'Afrique orientale (Ivory, 1973), mais elle ne s'attaquait pas aux *Pinus*. Le premier symptôme de la maladie était une chlorose du feuillage d'abord à la base du houppier, qui se propageait ensuite rapidement

jusqu'à la cime, avec pour conséquence la mort de l'arbre. Le système radical était couvert d'un feutrage mycélien blanc qui finissait par constituer un fourreau fongique de teinte noire parsemé de taches blanches. Au Kenya, Ivory (1973) enregistra, en janvier 1970, un taux de mortalité moyen de 5,5 et 9,9 % dans les plantations, respectivement, de *Acacia angustifolia* et de *Cupressus lusitanica*, âgées de 8 ans. En Ouganda la mortalité était de 10 % dans les rangées d'arbres et de 20 % dans des quadrats de *C. lusitanica*. Les pertes étaient négligeables pour les arbres de plus de 10 ans tandis qu'elles étaient considérables, en volume et en qualité, pour les jeunes pieds. L'agent pathogène se propage par les racines mais aussi par le vent, qui transporte les basidiospores.

La plantation de *Cupressus macrocarpa* au Kenya a été abandonnée principalement à la suite de l'infection sérieuse causée, au début des années 1950, par *Monochaetia unicornis* (Olembo, 1969). Le chancre du cyprès se développe dans la moitié inférieure de l'arbre, après cassure des branches ou à la suite de blessures dues à l'élagage. Olembo (1969) a isolé la souche virulente A de pieds malades de *Cupressus lusitanica*, espèce moins vulnérable. Sur 6 300 arbres examinés en Afrique orientale, 4 % seulement étaient affectés et la mortalité n'était que de 0,1 %, la sensibilité étant variable et fonction de la provenance des *C. lusitanica*. Ce déclin dans la sévérité de la maladie fut obtenu par la suppression graduelle des variétés les plus sensibles et par la sélection des plus résistantes (Gibson, communication personnelle).

Armillariella mellea (Vahl. ex Fr.) Kummer (= *Armillaria mellea*) (Agaricales : Agaricacées) est parfois responsable de pertes sévères au Kenya et en Tanzanie où se trouvent des plantations de *Pinus patula*. Il y aurait dans d'autres localités dépourvues de l'agent pathogène un inhibiteur thermolabile dans le sol qui empêche le développement de *A. mellea* (Olembo, 1972).

Dothistroma pini Hulbary (Sphaeropsidales : Sphaerioidacées) (stade parfait *Scirrhia pini* Funk et Parker) envahit et tue le feuillage de *Pinus radiata*, notamment, provoquant alors un ralentissement de croissance et la mort dans les cas extrêmes. Ce champignon est devenu un grave problème dans les plantations en Afrique subtropicale (Gibson, 1972). Dans le cas de *P. radiata* la sensibilité de l'arbre décroît avec l'âge; les plants de moins d'un an sont sévèrement touchés, mais on ne constate pas une grande différence entre le feuillage des exemplaires jeunes et âgés (Gibson, 1974).

Fusicoccum tingens Goidanish, stade conidien de *Botryosphaeria ribis* (Grossenb. and Dugg.) (Sphaeriales : Gnomoniacées), est un agent pathogène facultatif des blessures responsable, en association avec des facteurs aggravants tels que la sécheresse, les déprédations des insectes ou le caractère défavorable du site, de l'affaissement des pins en Afrique orientale. Ivory (1967*a*) considère que cette maladie peut être sérieuse et a démontré le caractère pathogène du champignon à l'égard de *Pinus elliottii* et *P. radiata*.

Dans les plantations de teck de Tanzanie, la mortalité des arbres observée en 1966 était due à une pourriture des racines, notamment *Helicobasidium compactum* Boedijn (Auriculariales : Auriculariacées), transmise par le sol. Celui-ci n'a pas été observé dans les plantations de 1906, 1922 et 1962, mais il était présent dans celles de 1961, 1964 et 1965/1966 (Hocking et Jaffer, 1967). *Fusarium solani* a été isolé à partir de chancres du collet et de la tige et de bois maculés en rose de tecks âgés de 40 ans en Tanzanie par Hocking (1968). Cet auteur a estimé que les arbres avaient été préalablement soumis à une déshydratation sévère qui provoqua des fissures dans l'écorce par où pénétra le *Fusarium*.

Insectes

Les perceurs de bourgeons *Hypsipyla grandella* et *H. robusta* (Moore) sont les principaux responsables de l'échec des essais de monoculture des espèces de *Cedrela*, *Khaya*, *Swietenia* et *Toona* dans beaucoup de régions tropicales. Styles (1972) a observé qu'en Afrique *Cedrela* n'était pas sévèrement infesté par *Hypsipyla robusta*.

Fabre et Brunck (1974) ont signalé l'infestation de *Khaya ivorensis* par *Hypsipyla robusta* en Côte-d'Ivoire.

Terminalia ivorensis est une espèce économiquement importante en Afrique occidentale mais l'attaque par les insectes au moment de la fructification peut empêcher l'exploitation des vergers, la plupart des fruits tombant avant maturité (Jones et Kudler, 1971). Au Ghana deux charançons sont très vraisemblablement les responsables des dégâts : *Auletobius kuntzeni* Voss (Coléoptères : Attélabidés) réduit considérablement la quantité de fruits en parasitant ceux-ci au début de leur développement; plus tard, *Nanophyes* spp. (Coléoptères : Curculionidés) s'attaque aux fruits mûrissants, dont la quantité et la qualité sont profondément modifiées. Fabre et Brunck (1974) ont observé l'attaque des pousses de *Terminalia ivorensis* et de *T. superba* par *Tridesmodes ramiculata* Warren (Lépidoptères : Thyridités) dans les jeunes plantations de Côte-d'Ivoire.

Le puceron, *Pineus pini* Linnaeus (Homoptères : Adelgidés) non *Pineus*? *sylvestris* Annand (Gray, 1972*a*), représente un grave danger pour beaucoup d'espèces de *Pinus* en Afrique orientale. Odera (1974) conclut qu'il a été introduit d'Australie avec des scions de pins, probablement en 1964. Puis il s'est répandu au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda, et Odera pense qu'il continuera de se propager, surtout à la suite du transport de pieds en provenance de pépinières infestées et par le vent, à travers toute l'aire de répartition des *Pinus* en Afrique. Des 39 espèces hôtes de *Pinus* en Afrique orientale, *P. elliottii* et *P. radiata* sont parmi les plus sensibles tandis que *P. patula* est peu vulnérable, et que *P. strobus* var. *chiapensis* semble être résistant à l'attaque de *Pineus pini* (Odera, 1974).

Dans les plantations de 9 ans de *P. patula* de Muko, en Ouganda, le Lépidoptère Lasiocampidé *Gonometa podocarpi* Aurivillius provoqua la défoliation totale de 16 ha en 1965 et de 7 ha en 1971. Austara (1971) a observé deux générations par an, l'existence d'un virus qui causait une forte mortalité larvaire et le développement des chenilles durant la saison sèche. Il a trouvé qu'une densité de 1 à 2 chenilles par mètre de branche était nécessaire pour entraîner une défoliation complète.

La fréquence des attaques par le défoliateur de pins *Orgyia hopkinsi* Collenette (Lépidoptères : Lymantriidés) a augmenté avec l'extension des plantations de *Pinus* au Kenya (Odera, 1972*a*). Des pullulements très importants d'*Orgyia hopkinsi* se produisirent en 1969 dans les plantations d'*Acacia mearnsii* et de *Pinus* à Turbo, au cours desquelles *P. patula* et *P. radiata* furent sévèrement défoliés. Odera (1972*a*) a passé en revue divers aspects de la biologie de cette espèce et des moyens de lutte : description des stades du cycle de développement, histoire naturelle et mœurs, hôtes, épidémiologie, lutte chimique. Dans les conditions naturelles, un virus est responsable d'une forte mortalité larvaire de cette espèce.

Orgyia mixta Snellen (Lépidoptères : Lymantriidés) a envahi les plantations d'essences exotiques à bois tendre au Kenya. Austara et Migunda (1971) ont observé que le cycle biologique de l'espèce était de 48-85 jours, que 20 à 25 chenilles par mètre de branche provoquaient une défoliation totale et que le principal ennemi naturel était un nématode, *Charops* sp., parasite des chenilles. Les jeunes plantations étaient plus vulnérables parce que les chenilles des premiers stades préfèrent se nourrir sur la face inférieure et à la base des acicules en croissance qui sont plus abondants sur les jeunes arbres.

Lee (1972) a fait une étude préliminaire détaillée de la biologie de l'Orthoptère Eumastacidé *Plagiotriptus* spp. qui défolie de façon définitive les *Pinus*, en particulier *P. patula* dans le sud du Malawi. Trois espèces de criquets endémiques des forêts sempervirentes ont été identifiées comme appartenant au genre *Manowia* (Gray, 1972*a*; MacCuaig et Davies, 1972). Des pullulements se produisent d'abord dans les sites les moins favorables, puis elles envahissent les autres.

Les termites qui causent les plus graves dommages aux plantations appartiennent aux genres *Odontolermes* et *Microtermes*, qui sont des termites champignonnistes. Leur attaque se situe dans les 15-25 premiers centimètres du sol. La racine pivot est écorcée en anneau, souvent jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du sol, ce qui entraîne généralement la mort de la plante.

Mammifères

Les dégâts causés aux plantations de résineux par les singes sont fréquents partout au Kenya. L'étude d'Omar et De Vos (1970) faite entre juillet 1967 et juillet 1968 a montré que la plupart de ces dégâts sont causés par *Cercopithecus mitus kolbi* Neuman (Primates : Cercopithécidés) en saison sèche (juillet-octobre) et dans la zone limitrophe entre forêt naturelle et plantation. Les dommages sont nuls ou négligeables dans les plantations d'enrichissement entourées de formations herbacées. Les singes provoquent la mort des arbres par écorçage des tiges. Les zones dévastées fournissent des sites de ponte favorables à un autre ravageur important de *Cupressus* spp., le Coléoptère Cérambycidé *Omedia gahani* Distant; 30 à 60 % des *Cupressus lusitanica*, 26 % des *Pinus patula* (sur 424 arbres) et 6 % seulement des *Pinus radiata* (sur 92 arbres) sont affectés par les dégâts causés par les singes (Omar et De Vos, 1970).

Forêts naturelles

Champignons

Une maladie léthale de *Pterocarpus angolensis* — qui fournit du bois d'ébénisterie précieux — s'est répandue en Afrique centrale (Geary, 1972). Les arbres malades présentent des feuilles chlorosées et flétries et se trouvent dénudés après la chute de celles-ci ; on constate souvent la formation de branches gourmandes. Dans une réserve forestière en Zambie, 14 % des arbres étaient morts et 36 % moribonds. D'autres essences sont également parasitées. Il n'a pas été possible d'apporter la preuve qu'une espèce de *Loranthus* était l'agent responsable, ni qu'il s'agissait d'un champignon blanc (? *Armillariella mellea*) ; ce dernier était présent au niveau du collet de certains arbres ; aucun autre agent pathogène n'était évident.

Mammifères

La protection de l'éléphant d'Afrique *Loxodonta africana* Blumenbach (Proboscidiens : Éléphantidés) a entraîné de sérieux problèmes (Laws, 1970). Les éléphants ont en effet annihilé sélectivement la régénération d'espèces économiquement importantes comme *Chrysophyllum albidium* et *Khaya anthotheca* en Ouganda. Un inventaire effectué dans la forêt de Bugondo par Laws (1970) a montré que 36 % des arbres étaient endommagés. D'autre part les éléphants jouent, dans les forêts, un rôle écologique très important, notamment en maintenant une productivité élevée selon Wing et Buss (1970) qui montrèrent qu'avec un aménagement adéquat on pouvait mieux utiliser les produits forestiers par suite de l'alimentation sélective de ces animaux.

Biodégradation du bois et des écorces d'arbres fraichement abattus

La biodégradation du bois est généralement plus rapide dans les forêts tropicales que dans les forêts tempérées. De nombreux organismes y participent et ils sont très différents selon les stades de décomposition et les espèces d'arbres concernées. Shigo et Hillis (1973) ont publié une synthèse sur la biodégradation par les micro-organismes dans les arbres vivants. L'incidence de la pourriture du cœur dans plusieurs espèces économiquement importantes est très élevée dans certaines circonstances et dans certaines régions et conduit souvent à éliminer une part importante des arbres abattus. Le rôle des insectes dans la décomposition des arbres abattus a été étudié avec plus de détail (Gray, 1972*a*) tandis que celui des autres organismes, bactéries et champignons, l'a rarement été, alors que leur rôle est très important. Le champignon *Botryodiplodia theobromae*, qui provoque couramment en Afrique tropicale des taches sur les arbres fraîchement abattus, pénètre par les vaisseaux du bois sectionnés aussitôt après la coupe, tandis que d'autres champignons responsables également de maculations (*Phialophora* sp.) pénètrent par les cellules des parenchymes vasculaires (Olofinboda, 1974) : coloration brune fongique, taches colorées de l'aubier.

Parmi les insectes, les Coléoptères térébrants, notamment des Platypodidés et des Scolytidés, sont les plus

nuisibles car ils infestent très rapidement les bois commerciaux, les dégradent, avec pour conséquence la perte de grumes entières. Ce problème est particulièrement grave lorsque les délais des grumes à l'exportation sont importants : plus longtemps les grumes sont laissées dans la forêt ou sur les quais, plus forte risque d'être l'infestation (Gray, 1974*a*). Dans quelques cas les scolytes s'attaquent aux arbres vivants (voir Gray, 1972*a*) et les bois sont d'autre part parasités par des champignons, ce qui au total provoque des dégradations considérables. Deux espèces sont des ravageurs préoccupants : *Trachyostus ghanaensis*, qui s'attaque généralement à *Triplochiton scleroxylon*, et *Doliopygus dubius*, *Terminalia superba*, en Afrique. Schedl (1972) a publié une synthèse détaillée sur la taxinomie et la biologie des Platypodidés. Roberts (1971, 1973*b*) a publié des rapports détaillés sur la répartition des Platypodidés du Cameroun et du Nigéria où le rôle marquant des conditions climatiques a été souligné.

Malgré l'urgente nécessité de recherches sur l'écologie des Coléoptères térébrants, les progrès récents restent faibles (on connaît les travaux de la West African Timber Borer Research Unit qui comprennent divers rapports sur la biologie de ces insectes et les moyens de lutte, parus en 1958-1962).

Conclusions

Les publications sur les ravageurs et la phytopathologie des forêts et des plantations tropicales ont connu une nette progression au cours de la décennie 1965-1974. Plusieurs problèmes sérieux signalés auparavant demeurent et beaucoup de nouveaux sont apparus. Une évaluation comparée des maladies et des fléaux importants, en termes de conséquences, de menace ou de risque potentiel, n'est pas facile à faire. Cependant, le tableau I énumère plusieurs de ces ravageurs et maladies, compte tenu de leurs hôtes principaux et de leur biogéographie.

Il y a peu de rapports sûrs à propos des conséquences des déprédations. Dans beaucoup de cas les pertes financières ont été relativement faibles, en dépit de la gravité des dégâts ou de la mortalité élevée, car le nombre d'arbres touchés n'était pas important. C'est particulièrement vrai dans le cas des essais de plantations. On a donc enregistré peu de pullulements de ravageurs comparables à ceux observés dans les forêts de conifères des régions tempérées. Une telle différence pourrait s'expliquer par des surfaces plantées plus grandes en régions tempérées ainsi que par la plus grande homogénéité des forêts tempérées.

A quelques exceptions près les déprédations les plus graves ont été enregistrées dans des situations créées par l'homme (pépinières, plantations, coupes, etc.). Ces milieux offrent en effet d'importantes sources alimentaires. Dans plusieurs cas les problèmes ont surgi à la suite des opérations sylvicoles comme l'élagage ou la coupe d'éclaircie.

Aucune partie de la plante n'est épargnée, mais les types de ravageurs et de maladies ainsi que les dommages résultants présentent des différences selon la partie de la plante affectée. Les insectes sont les ravageurs les plus couramment enregistrés et ils sont assez spécifiques quant à leur hôte et à leur répartition géographique. A l'opposé, les champignons possèdent une plus vaste répartition géographique et parasitent un éventail plus grand d'hôtes. En outre, les champignons ont été, ces dernières années, beaucoup plus dispersés par l'homme par suite de l'accroissement des échanges internationaux de matériel végétal et de quarantaines peu strictes.

TABLEAU 1. Principaux ravageurs et maladies des forêts tropicales africaines

Écosystèmes forestiers et plantations	Ravageurs et agents pathogènes
Plantations de *Khaya* et de *Swietenia*	*Hypsipyla robusta*
Forêts claires, forêts semi-caducifoliées et plantations	*Loxodonta africana*
Pépinières et plantations de pins	*Dothistroma pini*
Plantations de pins	*Pineus pini*
Plantations de *Chlorophora*	*Phytolyma* spp.
Plantations de *Cupressus*	*Omedia gahani*
Pluviisylves (surtout *Terminalia superba*)	*Doliopygus dubius*

Lutte et prévention

La lutte contre les ravageurs et les maladies pose plus de problèmes dans les forêts tropicales que dans les forêts tempérées et cela pour plusieurs raisons : la plus grande difficulté d'identification (beaucoup de ravageurs et de maladies restent à décrire; plusieurs peuvent survenir simultanément, etc.); l'existence fréquente de plusieurs cycles par an; le fait que beaucoup d'opérations forestières ont été conduites sur une échelle relativement petite et, dans le cas des plantations, d'après la méthode pragmatique de l'essai et de la correction des erreurs constatées ou faites. Quand un problème sérieux apparaît on recourt habituellement à une substitution. La recherche de l'agent responsable peut être négligée ou le diagnostic est, dans beaucoup de cas, mal posé : la mauvaise qualité du site est une excuse fréquente (Gray, 1974*b*), absence de spécialiste ou bien le rapport coût/profit n'est pas favorable, etc.; peu d'inventaires systématiques des ravageurs et des maladies ont été faits. En conséquence la gravité des problèmes n'est perçue que lorsque beaucoup d'arbres sont déjà détruits ou endommagés. Souvent les traitements adéquats ne sont pas facilement applicables. D'autres raisons peuvent encore être invoquées : connaissances insuffisantes (identification de l'espèce en cause, épidémiologie, dynamique des populations, etc.) qui empêchent de mettre en œuvre avec succès les mesures de lutte à grande échelle (Gray, 1974*b*; Viennot-Bourgin, 1974) sauf si la gravité de la situation impose des mesures d'urgence; un changement d'attitude des aménagistes vis-à-vis des problèmes posés par les ravageurs et les maladies (Gray, 1974*b*) est nécessaire à une protection cohérente des forêts aménagées par l'homme; les forestiers et preneurs de décision doivent acquérir une plus grande

connaissance de ces problèmes et être mieux avertis des difficultés de telles recherches.

Méthodes de lutte

Lutte chimique

La plupart des méthodes de lutte récentes font usage de biocides ou pesticides (insecticides, fongicides, nématicides, etc.). Les facilités d'utilisation et l'efficacité en zone tropicale de ces composés chimiques varient énormément selon les ravageurs, les régions et les arbres (Gray, 1972*a*). Il y a beaucoup de publications générales sur cette question (Franz, 1965; Kuntz, 1965; McNabb, 1965; Lamb, 1974). Bien que ces publications concernent essentiellement la lutte contre les espèces et les maladies des régions tempérées, les principes généraux et les techniques dont il est question sont applicables, avec peu de changements ou d'ajustements importants, aux pays tropicaux. Par exemple, les températures élevées et le fort degré d'humidité rendent très inconfortables et souvent insupportables les vêtements de protection, et la fréquence des pluies peut réduire rapidement l'efficacité des pesticides à action lente appliqués sur la surface des arbres (Gray, 1972*b*).

Bien qu'il n'y ait pas de données chiffrées disponibles, les rapports publiés traduisent un usage croissant des biocides dans l'exploitation des forêts tropicales. Cela paraît inévitable lorsqu'il s'agit d'assurer la protection urgente d'une ressource de valeur, mais cette tendance d'un emploi systématique des biocides est assez préoccupante. En effet, l'existence de nombreux effets secondaires de plusieurs biocides a été prouvée. Peu de recherches ont été conduites sous les tropiques qui soient comparables à celles effectuées en Amérique du Nord, par exemple celles concernant les conséquences sur l'environnement de l'épandage des pesticides sur de vastes zones forestières (effets sur les décomposeurs et la faune sauvage, effets différés à la suite du transport des biocides, contamination des cours d'eau, etc.). De telles recherches sont certainement justifiées en zone tropicale, si l'on envisage des opérations d'épandage à grande échelle.

L'emploi de composés physiologiquement actifs — substances de croissance, hormones — de phéromones libérées par les insectes et d'autres produits attractifs ou répulsifs devrait faire l'objet de recherches poussées. Cela vaut notamment pour les problèmes qui sont communs aux régions tropicales et aux régions tempérées où l'on a déjà effectué la majeure partie des recherches fondamentales; par exemple, l'emploi de phéromones qui provoquent ou inhibent l'agrégation des populations (voir Vite, 1970; Rudinsky *et al.*, 1974) pour contrôler les populations de Coléoptères des écorces et réduire l'intensité de l'infestation des arbres fraîchement abattus par les *Ambrosia* dans les coupes en forêt tropicale.

Lutte biologique

D'après Huffaker (1974), la lutte biologique serait plus réalisable dans les milieux tropicaux que tempérés. Cette façon de voir est corroborée par les données de DeBack (1972) qui a noté que les programmes de lutte biologique en régions tropicales réussissaient à 60 % contre 45 % ou moins ailleurs. En examinant les données de DeBack (1972) on remarque que 23 des 25 programmes tropicaux ou subtropicaux couronnés de succès ont été réalisés dans de petites îles, souvent éloignées du continent, dont la faune se caractérisait par un fort degré d'endémicité; en outre la plupart de ces programmes étaient dirigés contre des ravageurs introduits. En conséquence, l'hypothèse de Huffaker (1974) ne s'appliquerait pas aux masses continentales qui constituent 98 % ou plus des milieux terrestres tropicaux et où les programmes couronnés de succès ont été rares. Une telle constatation pourrait simplement refléter l'insuffisance des efforts consentis en faveur de la lutte biologique en régions tropicales. On a pris conscience durant ces dernières années des dangers de l'emploi étendu et répété des pesticides. Plusieurs auteurs ont souligné l'urgence qu'il y avait d'accorder davantage d'intérêt à d'autres méthodes, notamment à la lutte biologique (voir Simmonds, 1968). Cependant, d'après les publications récentes, on a encore plus souvent recours aux méthodes de lutte chimique. Gray (1974*a*) a souligné la priorité des études sur la lutte biologique contre des insectes nuisibles des forêts tropicales. Dans le cas des bactéries, des champignons et des virus, les possibilités de lutte biologique paraissent plus restreintes.

Il y a peu de rapports sur des opérations de lutte biologique satisfaisantes ou réussies contre des ravageurs ou des maladies dans les plantations forestières, les plantations de régénération ou d'enrichissement en zone tropicale, mais plusieurs auteurs (Austara, 1971 ; Gray et Wylie, 1974) signalent la présence de nombreux parasites et prédateurs. On ignore si cela suggère ou non la validité de la mise en œuvre réussie de la lutte biologique. En raison du manque de ressources et de temps et des résultats plus rapides de l'épandage des pesticides, les recherches sur les possibilités de lutte biologique n'ont guère la priorité. En conséquence les efforts se bornent à l'identification des parasites et prédateurs potentiels ou réels et à quelques rares observations sur leur biologie. Ce travail utile, mais seulement préliminaire, est généralement abandonné quand cesse la prolifération du ravageur ou que surgit un problème plus urgent. Aussi n'y a-t-il que peu d'études sérieuses sur la lutte biologique dans les forêts tropicales.

Comme l'a souligné Bennett (1974) il convient d'être prudent avant d'entreprendre une opération de lutte biologique, en particulier dans les écosystèmes peu connus. L'avis d'organismes spécialisés (par exemple le Commonwealth Institute of Biological Control) devrait être demandé, au moins au niveau des étapes préliminaires. Ces organismes ont souvent d'excellentes installations et peuvent disposer d'agents de lutte potentiels connus pour être actifs contre des ravageurs analogues dans d'autres situations ou dans d'autres pays. Il y a beaucoup trop de cas où des agents de lutte biologique ont été lâchés en milieu tropical sans que des recherches sérieuses aient suivi, si ce n'est une inspection superficielle conduite quelques mois après et au cours de laquelle on se contente de constater l'extinction des populations libérées.

Techniques sylvicoles

Les techniques sylvicoles et d'aménagement représentent généralement le moyen le plus efficace et le plus pratique de lutte contre un ravageur ou une maladie. Les choix possibles sont nombreux : remplacement par une espèce d'arbre non vulnérable ou plus résistante (Omar et De Vos, 1970 ; Gray, 1972*a*) ; changement d'emplacement pour une essence donnée (Ivory, 1977*a*), modification des modalités de plantation, d'éclaircie ou d'élagage (Roberts, 1973*a*) ; apport d'engrais, d'hormones, etc., pour accroître la vigueur des arbres. Dans quelques cas l'agent pathogène s'est déclaré directement ou indirectement à la suite de la mise en œuvre d'une technique sylvicole. Lorsque de vastes superficies de forêts ou de plantations sont touchées, les méthodes de sylviculture nécessaires pour lutter contre le fléau peuvent être coûteuses, mais elles sont indispensables si on veut limiter les dégâts.

Prévention des épidémies

La mise en quarantaine fut l'un des thèmes majeurs du symposium commun IUFRO/FAO de 1964 (voir Francke-Grossmann, 1965 ; Granhall, 1965 ; Nordin, 1965). Bien que la nécessité de la quarantaine paraisse évidente, il convient d'y insister parce que les mesures actuellement adoptées sont inadéquates en foresterie. L'introduction en Afrique du puceron du pin (Odera, 1974) en fut probablement une conséquence. Les normes de quarantaine de beaucoup de pays tropicaux sont assez peu strictes et parfois quasi inexistantes, notamment en ce qui concerne les micro-organismes (virus, bactéries et champignons). Ce sont surtout ces introductions ainsi que d'autres moins apparentes — termites, par exemple — qui ont été signalées au cours de la décennie passée.

Le risque de nouvelles introductions s'est accru par suite de l'augmentation des échanges de matériel végétal et de la traversée des frontières par des vecteurs potentiels. S'y ajoutent d'autres dangers comme l'établissement de plantations près de frontières et les déplacements naturels des animaux. Les échanges de produits végétaux doivent s'accompagner d'une attention plus sérieuse aux risques d'introduction de ravageurs et de maladies dans chaque cas particulier.

En matière de quarantaine, la responsabilité de détecter les ravageurs et les maladies est laissée en grande partie au pays importateur ou au destinataire. Cela permet l'entrée de l'agent pathogène, s'il a survécu au voyage; s'il n'a pas été identifié, il devient une menace. Compte tenu du grand nombre d'entrées enregistrées il semble nécessaire de prendre des précautions supplémentaires, de former les spécialistes et de développer les installations d'identification et d'isolement des agents pathogènes dangereux. Des mesures plus strictes ou davantage d'obligations imposées à l'expéditeur (pour s'assurer de l'innocuité des produits végétaux expédiés) constitueraient une utile précaution. On peut suggérer aussi la création dans des régions isolées de stations de quarantaine centralisées, qui pourraient fonctionner au service de plusieurs pays à un moindre coût.

Lutte contre les maladies et les ravageurs importants

Seules les relations des mesures de lutte qui ont été publiées et considérées comme efficaces ou pleines de promesses seront mentionnées.

Pépinières

La lutte contre les ravageurs et les maladies ou leur prévention ont été souvent réalisées en pépinière. Beaucoup de pays ont étudié le comportement dans différents milieux d'un grand nombre d'espèces arborées, notamment des essences exotiques appartenant aux genres *Araucaria*, *Cupressus*, *Eucalyptus* et *Pinus*. On a alors constaté que les principaux problèmes pathologiques résultaient surtout de l'ignorance des exigences des espèces; ainsi une proportion importante des échecs enregistrés pouvait être attribuée à la médiocrité des sites, à des conditions édaphiques défavorables, etc. En travaillant à une petite échelle, en procédant à des essais et en réparant les erreurs, en tâchant de trouver assez facilement des ajustements dans l'emploi des biocides, une solution économique aux problèmes est généralement trouvée.

La plupart des mesures de lutte qui furent couronnées de succès comportaient l'emploi de biocides (tableau 2) ; des mesures complémentaires ont été prises telles que la diminution de l'acidité du sol ou de l'humidité pour rendre les conditions moins favorables aux champignons. Parmi les autres mesures efficaces on peut signaler les expériences suivantes : le transfert des pépinières dans un site plus chaud et sec a pratiquement eu pour effet d'éliminer le flétrissement des plantules et d'améliorer la croissance de *Vitex keniensis* au Kenya (Ivory, 1967*b*) ; le creusement de tranchées et l'élimination des arbres infectés ou suspects furent recommandés pour lutter contre la pourriture des racines des jeunes plants de teck en Tanzanie (Hocking et Jaffer, 1967).

Plantations

La lutte contre les maladies et les ravageurs est beaucoup plus difficile dans les plantations que dans les pépinières et en particulier dans les grandes plantations. Beaucoup de plantations nouvelles sont installées sur des emplacements moins favorables, comme des collines ou des terrains accidentés. L'emploi des biocides a rarement été couronné de succès à cause de l'inaccessibilité des plantations, de la présence d'un sous-bois ainsi que pour d'autres raisons évoquées plus haut. Avec la vaste gamme de biocides actuellement disponibles il a été souvent possible d'obtenir d'excellents résultats lors d'essais expérimentaux dans les conditions naturelles ou d'applications très localisées. Mais dès que le biocide qui paraît le plus intéressant est utilisé sur une vaste surface, il se révèle généralement inefficace.

La lutte contre *Dothistroma pini* qui infeste *Pinus radiata* au Kenya, par des fongicides à base de cuivre, se fonde sur la grande sensibilité de l'agent pathogène au cuivre qui passe de l'hôte aux conidies en germination

TABLEAU 2. Moyens de lutte chimique contre les maladies des plantules et des greffes

Essence	Pays	Agent chimique	Agent pathogène et maladie	Source
Cupressus lusitanica	Kenya	Benlate (50 % (méthyl 1-butyl-carbamoyl)-2-benzimidazole carbamate)	Surtout *Monochaetia unicornis*. Maladie des greffes	Gibson et Howland (1969)
Pinus spp.	Kenya	Fundilan (2, 4, 5, 6, tétrachloroisophthalonitrile dilué dans C7-7002)	*Colletotrichum acutatum*. Provoque la déformation en crochet de l'extrémité de la tige des plantules	Sang et Munga (1973)
Pinus patula	Kenya, Tanzanie, Ouganda	Rhizoctol (10 % méthyl sulfure d'arsenic) et Rhizoctol Combi (Rhizoctol plus 5 % 4-benzoquinone-n-benzoylhydrazone oxine) en préparation autour des graines	*Fusarium* spp., *Pythium* spp. et *Rhizoctonia solani*. Flétrissement des plantules	Gibson et Hudson (1969) Hocking et Jaffer (1969)

(Gibson et Howland, 1970). L'emploi expérimental dans les conditions naturelles de fongicides à base de cuivre à faible dose confère une protection efficace contre *Dothistroma pini* (Gibson, 1971), mais l'épandage à grande échelle n'a pu être réalisé à cause des conditions de relief et de la topographie (Gibson, 1974).

Parmi cinq insecticides essayés expérimentalement sur des parcelles de jeunes *Pinus thumbergiana* à Mugugu, au Kenya, Brown (1970) a trouvé que le gamma-BHC à 0,05 % additionné de 1 % de teepol était le plus efficace contre le puceron du pin. Ce mélange s'est avéré moins efficace par la suite et des essais supplémentaires ont été effectués, dans les conditions naturelles et au laboratoire, avec 8 autres insecticides (Odera, 1972*a*, *b*). Le Baygon (propoxure) et le Thiodan (endosulfan) étaient les plus efficaces, le second étant meilleur marché (Odera, 1972*a*, *b*).

Austara (1971) a trouvé que le gamma-BHC était le plus efficace de 3 insecticides essayés par applications localisées contre *Gonometa podocarpi* en Ouganda. Le dosage recommandé par cet auteur pour protéger les plantations de *Pinus patula* est de 0,5 % en poids/volume.

Les applications répétées de dieldrine à 1 % ont permis de lutter efficacement contre le Cérambycidé *Analeptes trifasciata* dans les plantations de *Anacardium occidentale* en Côte-d'Ivoire (Brunck et Fabre, 1970).

De trois insecticides le Sumithion (fénitrothion) s'est révélé être le plus efficace contre les chenilles d'*Orgyia mixta* au cours d'essais d'application localisée au Kenya (Austara et Migunda, 1971). En raison de sa faible toxicité pour les poissons et les mammifères son usage a été recommandé dans les conditions naturelles. La pulvérisation de méthidathion s'est révélée prometteuse dans la lutte contre les perceurs de bourgeons *Hypsipyla robusta* et *Tridesmodes ramiculata* dans les plantations de *Khaya ivorensis* (où sévit le premier) et de *Terminalia ivorensis* et *T. superba* (infestées par le second) en Côte-d'Ivoire (Fabre et Brunck, 1974).

MacCuaig et Davies (1972) ont effectué une série d'essais au laboratoire et dans les conditions naturelles avec plusieurs insecticides en vue de lutter contre les criquets aptères *Plagiotriptus* spp. au Malawi. Ils ont recommandé l'emploi du gamma-BHC et suggéré la pulvérisation par voie aérienne lorsqu'il s'agit de traiter de vastes zones. Lee (1972) a d'ailleurs précisé que la pulvérisation aérienne de cet insecticide était un moyen de lutte efficace.

La protection des forêts artificielles contre la faune sauvage a été examinée par Holloway (1966) qui a distingué deux catégories principales de moyens de lutte : les moyens empiriques — contrôle des populations (chasse, empoisonnement et piégeage), barrières et répulsifs — et les moyens de nature écologique qui tendent vers un équilibre entre les populations animales et le milieu forestier afin de prévenir les dégâts sérieux (voir chapitre 20).

Comme mesures préventives contre les singes au Kenya, Omar et De Vos (1970) ont recommandé de plantes des essences moins appétibles (*Pinus patula* et *P. radiata*), d'effectuer de fréquentes randonnées de surveillance et d'étendre les zones herbacées en bordure des plantations. Autrefois, on préférait se livrer à la chasse des singes.

Biodégradation du bois et des écorces d'arbres fraîchement abattus

Peu de progrès ont été accomplis dans la protection des écorces et du bois des arbres fraîchement abattus et, bien que plusieurs mesures destinées à réduire les pertes causées par les insectes aient été prises (Gray, 1972*a*), on a régulièrement connaissance de graves dommages (Gray, 1974*a*). Les biocides permettent une protection immédiate, mais leur efficacité varie selon la nature de la substance employée, les concentrations, la fréquence des pluies et divers autres facteurs. Rapidement appliqués, les biocides efficaces donnent généralement de bons résultats aux effets durables assez longtemps. En Afrique la protection contre les champignons responsables des taches colorées de l'aubier (bleuissement) a été obtenue pour des périodes de 4 semaines à l'aide d'anti-transpirants, alors que les *Antiaris africana* abattus bleuissaient en 4 jours s'ils n'étaient pas traités (Olofinboba, 1974).

Un problème préoccupant est celui relatif au craquement des grumes, surtout si elles sont stockées à découvert comme c'est fréquemment le cas. Les bactéries, champignons et insectes s'introduisent rapidement dans les fissures, surtout sur le côté à l'ombre, et la biodégradation du bois se développe même si les grumes ont été traitées par pulvérisation de biocides. Il est difficile de trouver une solution satisfaisante, sauf si le bois est traité sous pression, conservé à l'abri de l'humidité ou si des applications répétées de biocides sont réalisées.

Conclusions

Les recherches sur la lutte contre les ravageurs et maladies des arbres des forêts tropicales ont enregistré un retard sensible par rapport à celles conduites dans les régions tempérées. Les causes en sont multiples : réticence à faire appel à des spécialistes de la protection des plantes avant que les problèmes ne deviennent graves ; manque de spécialistes dans les pays tropicaux ; échelle réduite de la plupart des opérations forestières. Les exceptions correspondent généralement à des actions concertées menées par des groupes de scientifiques pendant des périodes relativement courtes, comme, par exemple, la West African Timber Borer Research Unit (1953-1962). Les résultats en ont été importants car, bien qu'elles aient rarement fourni des solutions parfaites, ces recherches ont contribué à une meilleure connaissance du ravageur ou de la maladie.

Les moyens de lutte utilisés variaient selon la biologie et l'écologie des ravageurs et des maladies, l'importance des dégâts commis, les préférences des spécialistes ou des gestionnaires, et selon les ressources disponibles.

Les biocides ont souvent permis de lutter efficacement contre les ravageurs, mais cela a été rarement le cas dans de vastes plantations. En raison du coût et de l'efficacité probablement moindre en zone tropicale (fréquence plus grande des pluies et températures plus élevées), l'administration répétée de biocides n'est pas une mesure à recommander. La nature du produit et la méthode de traitement devraient être dictées par les possibilités

locales et l'efficacité de l'équipement. L'avion a rarement été utilisé sauf durant les dernières années.

Les méthodes de lutte autres que l'application directe de biocides ont surtout été utilisées contre les perceurs de pousses de *Cedrela* et de *Swietenia*, c'est-à-dire *Hypsipyla*. Il s'agit de l'emploi contrôlé de biocides, de l'isolement de phéromones, de substances attractives ou répulsives aussi bien que des méthodes de lutte biologique plus classiques. L'explication de la résistance à certains *Hypsipyla* de quelques espèces de *Cedrela* et de *Swietenia*, ou d'essences de provenance particulière a considérablement fait avancer les connaissances et il pourrait en résulter un progrès au plan pratique de la lutte biologique contre ces insectes. Des recherches analogues consacrées à d'autres ravageurs et maladies qui sévissent dans les forêts de certains ensembles régionaux devraient être encouragées.

Bien que n'offrant pas, comme les biocides, de solutions à court terme aux problèmes, le développement des recherches sur la résistance, sur la lutte biologique et sur d'autres méthodes de lutte est préférable. Dans le cas de la biodégradation du bois des arbres fraîchement abattus, il est urgent de trouver les moyens de réduire l'infestation par les Coléoptères térébrants et par les champignons. Certains produits chimiques se sont révélés efficaces, mais ils n'ont pas été utilisés à une très grande échelle et leur efficacité reste à démontrer lorsque les grumes doivent être stockées pendant de longues périodes.

Forêts et plantations

Plantations et forêts sempervirentes présentent nombre de différences. Les plantations renferment des arbres d'âge, de taille et de structure semblables, poussant selon un arrangement déterminé par l'homme. Elles n'offrent aux phytophages et autres organismes que peu de choix en matière de nourriture (hôte ou type d'aliments), de milieux et micromilieux, mais des ressources relativement homogènes en quantité abondante. Elles peuvent présenter une certaine variation, les arbres étant plus petits et souvent plus vulnérables sur les sites les moins favorables, ce qui peut accroître la sensibilité aux ravageurs et aux maladies. Les plantations de régénération et d'enrichissement peuvent être assimilées aux plantations artificielles, bien qu'elles soient généralement moins homogènes et se montrent plus résistantes aux agressions.

En revanche, les forêts sempervirentes feuillues ont une structure et une composition floristique très complexes, avec de nombreuses espèces d'arbres, d'âge, de taille et de port très divers répartis selon de multiples arrangements (Harrison, 1962; Richards, 1973). Cette complexité peut être moins grande, par exemple dans les premiers stades d'une succession, en altitude, dans des conditions climatiques ou édaphiques extrêmes, et dans le cas des forêts de conifères (Orians, 1974). Ces forêts offrent aux organismes phytophages de nombreuses sources de nourriture et beaucoup de milieux et micromilieux. Les ressources qu'elles présentent sont très hétérogènes, pouvant être abondantes ou médiocres (Richards, 1973).

Les forêts tropicales se caractérisent par un dynamisme important. Au niveau d'un arbre ou d'une parcelle, la forêt est le siège d'une croissance et d'une évolution rapides, tandis qu'à une échelle de superficie plus vaste le système apparaît relativement stable quant à sa composition spécifique. La plupart, sinon la totalité, des organismes sylvicoles sont très spécialisés par rapport à telle ou telle de leurs propriétés (hôte ou site préféré, comportement, reproduction, etc.). La concurrence à divers degrés, et même l'exclusion compétitive, est une autre caractéristique de beaucoup de ces organismes qui a rarement été étudiée. Aussi, bien que les forêts paraissent riches en ressources alimentaires, il pourrait ne pas y avoir d'abondance au niveau des espèces du fait de leur sélectivité. Outre qu'elles entretiennent de dangereux ravageurs et des maladies propres aux essences forestières, les forêts tropicales sont aussi un réservoir de nombreux parasites des cultures et de l'homme.

La composition et la densité des organismes vivant dans les forêts et les plantations sont très différentes, mais la plupart des espèces observées dans les plantations proviennent des forêts. La proximité ou la contiguïté de formations herbacées ou de zones de transition peut se traduire par la présence dans la plantation d'espèces d'origine mixte, mais avec une majorité d'entre elles localisées sur leur plante hôte naturelle. Les données quantitatives disponibles sur l'abondance relative et la composition des peuplements animaux en forêt sont rares. Font défaut les informations sur la zonation des organismes phytophages et des autres animaux dans les forêts tropicales. Beaucoup d'espèces sont fréquemment représentées par quelques individus. Les effectifs totaux d'organismes phytophages ou herbivores sont généralement faibles (Richards, 1973). En forêt amazonienne, au Brésil, Fittkau et Klinge (1973) ont calculé que la biomasse des plantes vivantes était de 940 t/ha et qu'elle était seulement de 200 kg/ha pour les animaux. La faune du sol représente 50 % de cette biomasse animale, les consommateurs de végétaux verts 7 % seulement et les consommateurs de bois mort ou vivant 19 %. Les organismes vivant dans le bois mort ou dans le sol peuvent être moins spécialisés, mais la richesse spécifique est presque partout de règle. Les peuplements peuvent varier considérablement dans leur composition et leurs effectifs d'une forêt à l'autre, que celles-ci soient semblables ou différentes, pour des raisons encore inexpliquées (Gray, 1972*a*), bien qu'on puisse établir des corrélations entre les effectifs et d'autres facteurs, tels que l'humidité dans le cas des bactéries et des champignons. Voir aussi les chapitres 6, 7 et 11.

Outre la diversité des espèces et l'abondance des organismes, la structure complexe, le grand nombre d'habitats, les hôtes de nombreux organismes phytophages et xylophages ont aussi des mécanismes d'attraction et de défense. Ceux-ci sont très évolués sous les tropiques (Levin, 1973). Ils peuvent être des facteurs décisifs chez plusieurs espèces et expliqueraient la faible proportion des animaux qui se nourrissent aux dépens des tissus vivants par rapport à celle de ceux qui attaquent le bois et les matières en décomposition. Des échantillons d'air prélevés à proximité

de certains arbres connus au Panama pour leur haute résistance à des ravageurs ont été analysés; les chromatogrammes complexes obtenus révèlent la présence de substances volatiles produites par le bois, qui seraient responsables de la résistance à l'agression et à la décomposition (Hutton et Rasmussen, 1970). Une telle hypothèse mérite des investigations approfondies, car d'autres travaux (Gray, 1972*a*) ont confirmé l'existence de substances chimiques spécifiques responsables de la résistance de certains arbres tropicaux. On admet généralement que les arbres en bonne santé et à croissance vigoureuse sont aussi les plus résistants aux ravageurs. La production de substances volatiles pourrait être fonction de l'état physiologique de l'arbre. La spécificité de ces essences expliquerait en partie la sélectivité des organismes.

Certains mécanismes de défense sont bien connus, mais d'autres le sont moins. Les poils épidermiques (trichomes) jouent un rôle protecteur contre les insectes phytophages (Levin, 1973). La production d'éthylène en réponse à l'infection (Shain et Hillis, 1972) est un autre mécanisme de défense, encore mal connu dans le cas des essences tropicales.

Le climat équatorial se caractérise par des températures assez peu variables durant toute l'année, mais les variations journalières peuvent être considérables selon l'altitude, l'insolation et d'autres facteurs. Les pluies dépassent habituellement 2 000 mm/an. Le régime hygrométrique annuel est variable selon les régions, certaines subissant l'alternance régulière de saisons sèches et de saisons humides tandis que d'autres connaissent des périodes sèches ou humides d'intensité variable et d'incidence irrégulière. Vent et éclairement ont également une influence importante sur les organismes bien que leurs effets soient probablement plus faibles en forêt. On dispose de peu de données sur le microclimat forestier ; les températures sont nettement plus basses sous la canopée et la plupart des organismes sont inféodés à ces micromilieux plus frais et aux milieux moins exposés. En général les variations climatiques brutales entraînent des fluctuations des effectifs des organismes, les conditions de sécheresse exerçant un effet particulier (Gray, 1972*a*). Il existe des différences de densité et de composition des peuplements en fonction de l'altitude ; les densités d'insectes les plus élevées sont observées aux altitudes moyennes (Janzen, 1973) ; la zone comprise entre 700 et 1 500 m, qui fait transition entre la forêt de plaine et la forêt de montagne, a souvent une flore plus riche et un climat plus doux. Il est intéressant de noter que la température préférée de la plupart des insectes (et peut-être d'autres organismes) des régions tempérées et tropicales est comprise entre 20 et 27 °C ; leur grande phase d'activité se situe à la fin du printemps et en été en zone tempérée, et le matin (6 à 10 h) et en fin d'après-midi (17 à 21 h) en zone tropicale.

Les plantations hébergent moins d'espèces, mais qui sont souvent représentées par davantage d'individus. Des abondances étonnantes peuvent être enregistrées dans des plantations, en particulier dans des régions exposées aux vents ou à proximité de forêts ou de zones de transition. Une proportion importante de ces insectes est représentée par des pullulements temporaires ou par des individus en déplacement migratoire (Gray, 1974*c*). Il peut aussi y avoir des échanges d'organismes, quotidiennement ou par périodes, entre les plantations et la végétation adjacente. Le climat des plantations tropicales diffère de celui des forêts, avec des températures et une évaporation généralement supérieures et une humidité beaucoup plus variable. Les organismes présents dans les plantations se rattachent en grande partie aux espèces des forêts adjacentes, si les mêmes essences s'y rencontrent, ou, dans le cas de plantes exotiques, à celles qui, occupant des niches semblables, se nourrissent sur les arbres sans produire d'effets délétères. Des effectifs importants peuvent exister sur d'autres plantes de la plantation ou dans le sol. La composition globale des peuplements animaux des plantations peut changer profondément à mesure que croissent les arbres et que le feuillage se modifie, les changements les plus marquants survenant après la fermeture de la canopée.

Une autre différence importante entre les forêts et les plantations s'observe au niveau de la fréquence des pullulements qui s'y produisent. Le terme de pullulement est généralement utilisé pour désigner les accroissements numériques de grande amplitude que peuvent présenter les populations de ravageurs. De tels pullulements ont été souvent signalés dans les forêts des régions tempérées. On en a également enregistré dans les forêts tropicales, mais ils étaient toujours liés à des hôtes grégaires (Gray, 1972*a*; 1974*a*). Aucun pullulement comparable n'a été observé dans les pluviisylves feuillues, ce qui suscita un grand intérêt et permit d'avancer diverses hypothèses. Des pullulements localisés, affectant seulement quelques arbres ou une parcelle de faible étendue, sont assez rares et mal connus. Ils sont de courte durée (moins de six mois) et, par suite d'un rétablissement rapide ou de la fermeture de la canopée, il n'en reste que peu de signes visibles, sauf si plusieurs arbres proches ont été tués. Les inventaires forestiers ont mis en évidence d'anciennes parcelles d'arbres morts ou mourants sur une faible surface sans traces apparentes de feu, de tempête ou de dégâts causés par l'homme, bien que la foudre puisse être l'agent responsable; mais les ravageurs et les maladies sont généralement considérés comme la cause la plus vraisemblable. Dans d'autres cas, on ne trouve que quelques arbres partiellement défoliés ou des populations importantes d'insectes sur une petite parcelle de la forêt (Gray, 1972*a*). Ces pullulements sont probablement limités par la richesse spécifique de la forêt et par la spécialisation des ravageurs pour lesquels seuls quelques arbres de certaines classes d'âge peuvent constituer des hôtes acceptables. Ces pullulements locaux pourraient être déclenchés par des agressions ou des conditions climatiques extrêmes.

On sait peu de choses sur l'efficacité des facteurs contrôlant le niveau des populations et sur leur variation. Beaucoup de publications ont porté sur la diversité et la stabilité des écosystèmes agricoles et forestiers, en faisant souvent allusion aux forêts tropicales. Il est évident qu'un écosystème simple composé d'une seule espèce hôte sera

plus vraisemblablement sévèrement affecté par les ravageurs et les maladies que les écosystèmes complexes; ceux-ci ne devraient l'être que rarement, sinon jamais. D'où le dogme selon lequel la diversité crée la stabilité. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour l'expliquer. Van Emden et Williams (1974) ont montré l'ambiguïté des termes diversité et stabilité. Ils reconnaissent la relation générale qui existe dans les écosystèmes naturels entre diversité et stabilité. Les variations structurales des écosystèmes aussi bien que leurs configurations doivent être aussi d'importants facteurs (Murdoch *et al.*, 1972). L'évolution des forêts tropicales est très ancienne, aussi ont-elles varié considérablement dans leur répartition, leur abondance, leur composition et leurs structures (Fittkau et Klinge, 1973; Richards, 1973; voir aussi chapitre 3). Elles réagissent aux variations incessantes de l'environnement et aux phénomènes de concurrence de grande amplitude. Elles furent relativement stables dans le passé, mais l'extension récente des activités humaines a largement ébranlé ces écosystèmes.

La rareté de pullulements importants pourrait signifier que les facteurs contrôlant les populations dans les forêts tropicales ont une efficacité certaine. Mais on est mal informé à ce sujet et diverses hypothèses ont été proposées. Dans les pluviisylves où la densité des arbres d'une espèce donnée est très faible, la difficulté pour un organisme de localiser son hôte pourrait être un facteur de régulation important (Gray, 1972*a*). La structure d'âge de la population-hôte peut être aussi importante ; ainsi, les vieux arbres, à l'écorce crevassée et qui portent plus d'épiphytes, hébergent de nombreux organismes qu'on ne trouve pas sur les jeunes pieds. D'autre part, on constate l'augmentation rapide de certains organismes lors des opérations d'abattage.

La quantité de parasites ou de prédateurs est un fait remarquable qui a conduit à supposer que ceux-ci seraient le principal facteur de régulation (Janzen, 1971; Evans, 1974). Evans (1974) a écrit : « On suggère à présent que les conditions mésologiques étant optimales pour le développement des champignons, les champignons pathogènes des arthropodes ont évolué au point de jouer un rôle important dans la régulation des populations de leurs hôtes. » Il a trouvé au Ghana moins d'arthropodes malades dans les forêts secondaires ou dégradées que dans les forêts intactes. Cependant il ne fournit guère de preuves quant au caractère direct ou indirect, actif ou passif, de cette régulation (il cite, par exemple, plusieurs arthropodes reconnus comme prédateurs ou parasites qui étaient eux aussi malades) et il ne mentionne pas l'abondance relative des espèces dans les différents cas. Dans beaucoup de situations, la prédation ou le parasitisme, notamment par les champignons, est secondaire (Gray, 1972*a*). Dans d'autres cas, la prédation ou le parasitisme peuvent être faibles — sur des organismes vivant cachés ou capables de se déplacer rapidement — ou, au contraire, très sévères. Des données quantitatives plus nombreuses sur l'étendue et la nature de la prédation et du parasitisme aux différents niveaux du réseau trophique sont nécessaires. Parce qu'on sait peu de choses sur les réseaux trophiques et les interactions entre organismes à l'intérieur de l'écosystème (canopée, sous-canopée, ... surface du sol, strate endogée) celles-ci doivent être étudiées avant de pouvoir déterminer clairement le rôle de la prédation et du parasitisme dans l'écosystème forestier.

Une autre influence importante, non régulatrice celle-là, est celle du climat (Gray, 1972*a*). Les effets du climat (particulièrement du microclimat) sur les populations n'ont guère été soulignés parce qu'il est généralement admis que celui-ci varie peu au cours de l'année ou même de la journée, ce que confirment apparemment les données météorologiques. Cependant les données sont souvent rares ou bien il s'agit au mieux de moyennes mensuelles ou annuelles qui peuvent fausser les résultats. Ainsi, par exemple, une semaine extrêmement pluvieuse peut masquer, au niveau d'une moyenne pluviométrique mensuelle, 3 semaines de sécheresse, alors que les effets d'une telle sécheresse sur la forêt peuvent être considérables. En raison de l'irrégularité des périodes de déficit hydrique, de l'absence d'enregistreurs adéquats et des difficultés d'échantillonnage, on sait peu de choses sur leurs effets, mis à part les résultats des travaux déjà mentionnés de Janzen (1973). Des différences saisonnières nettes y ont été notées dans diverses localités. Les organismes tropicaux paraissent plus sensibles aux variations du temps que leurs homologues plus tolérants des régions tempérées. Les premiers sont adaptés à une gamme relativement étroite (15-30 °C) et ils ne subissent pas durant la majeure partie de l'année des conditions climatiques adverses ou rigoureuses. Cependant, des conditions défavorables peuvent survenir à intervalles plus ou moins réguliers (alternance de saisons sèches et humides marquées). Il peut en résulter des variations dans la densité des espèces et la composition des peuplements, les organismes les plus fragiles étant les plus touchés. Pour mieux comprendre l'évolution et la régulation des populations il faut rassembler des données sur ces conditions climatiques et leurs effets.

En revanche, les pullulements sont très fréquents dans les plantations, sans être pour autant totalement inattendus. Les raisons en sont variées et complexes, mais elles ont été surtout attribuées à un déséquilibre brutal des facteurs responsables de la stabilité (Webb, 1968), ou au fait que les plantations présentent des mécanismes de défense moins efficaces contre les ravageurs et les maladies que les forêts naturelles (Lamprecht, 1966). Il est probable qu'on ne peut se contenter de l'une ou l'autre de ces explications ; il est nécessaire d'étudier l'écologie du ravageur et de l'hôte à la fois dans les plantations et dans les forêts pour vérifier la raison des différences et cela a été rarement fait. L'homogénéité des plantations est certainement un facteur important puisque les attaques sont moins fréquentes dans les plantations plurispécifiques ou lorsque la structure des plantations est modifiée (Mathur *et al.*, 1970 ; Gray, 1974*a*). En plantations monospécifiques, les espèces indigènes peuvent souffrir gravement de maladies ou de ravageurs locaux. Webb (1968) a suggéré de respecter, dans les opérations de sylviculture, une limite dans la réduction du nombre d'espèces-hôtes afin d'éviter les pullulements de ravageurs. La spécialisation des organismes devant une espèce-

hôte particulière — et même une classe d'âge spécifique — est très poussée. Cela expliquerait pourquoi certaines espèces de ravageurs ont de faibles effectifs dans les forêts mais atteignent des proportions épidémiques dans les monocultures d'arbres d'âge homogène. Dans d'autres cas, l'échec pour les prédateurs ou les parasites à s'établir dans les plantations (à cause de l'absence d'hôte intermédiaire, d'un climat défavorable, etc.) est probablement la raison principale des pullulements ; ailleurs ce seront les effets adverses des variations climatiques. Dans presque tous les cas plusieurs facteurs opèrent conjointement. Il faut noter que les pullulements sont plus fréquents dans les jeunes plantations tandis que les vieux arbres paraissent plus vulnérables aux ravageurs et aux maladies (Gray et Wylie, 1974), sauf là où interfèrent d'autres facteurs (blessures). Les raisons en sont mal connues mais des différences nutritionnelles (une teneur en azote plus élevée par exemple) ou la sensibilité aux agressions et des variations dans les mécanismes d'attraction et de défense sont des explications plausibles. Le fait que les plantations tropicales soient plus sujettes à l'invasion par des ravageurs ou des maladies que celles des régions tempérées n'a pas été étudié ; mais le plus grand nombre d'organismes que renferment les forêts tropicales et la plus grande incidence des infestations qu'on y observe tendraient à confirmer une telle hypothèse.

Conclusions

Les écosystèmes forestiers tropicaux diffèrent profondément de ceux créés ou modifiés par l'homme. Ces différences ont rarement été énumérées, identifiées et étudiées en détail, notamment en ce qui concerne la protection, et leur flore et faune.

Du point de vue de la protection, une différence majeure réside dans la faible incidence des principaux ravageurs et de la gravité relativement faible des problèmes phytopathologiques dans les forêts peu ou pas manipulées par rapport à la situation plus préoccupante dans les écosystèmes créés par l'homme. Dans ce dernier cas, les pullulements des ravageurs ont presque certainement des causes multiples : changements climatiques, absence ou inefficacité des prédateurs et des parasites, répartition de la population hôte et son uniformité d'âge; mais les données quantitatives confirmant le rôle et la signification de ces facteurs sont rares. Font aussi singulièrement défaut les études portant sur des espèces de ravageurs dans des stations caractérisées par des épidémies et dans des stations naturelles, afin de faire des comparaisons utiles. Les seules données disponibles sont généralement une liste d'espèces hôtes et concernent des observations superficielles sur l'abondance. Les études sur les modes traditionnels d'utilisation des forêts tropicales, notamment l'agriculture itinérante, en rapport avec les problèmes phytopathologiques, sont tout aussi rares : Ravageurs et maladies sont-ils dans ce cas un sérieux problème ? Comment les populations y font-elles face et quelles sont les solutions mises en œuvre ? Bien que les rendements soient faibles, l'état sanitaire des plantes est meilleur dans ces modes d'exploitation que dans les plantations. Il faudrait davantage d'informations sur les forêts ainsi exploitées, car les résultats des méthodes traditionnelles de lutte contre les ravageurs pourraient améliorer, dans une certaine mesure, les techniques employées dans les plantations modernes.

Les recherches nécessaires et les priorités

1. Création de deux ou plusieurs unités de recherche en vue d'étudier l'écologie des organismes vivant dans les forêts et les plantations. Les travaux devront porter sur la dynamique des populations, les effets du climat, des prédateurs et des parasites, la sélectivité et les échanges d'organismes entre plantes, la richesse en espèces et en individus, le rôle des organismes et leurs interactions.

La réduction progressive et peut-être de plus en plus rapide des forêts tropicales pour satisfaire les besoins en bois ainsi que le développement des plantations soulignent l'urgente nécessité de combler ces lacunes relatives aux aspects fondamentaux de l'écologie de ces formations. Il est essentiel d'entreprendre une action multidisciplinaire centrée sur les micro-organismes (virus, bactéries, champignons et nématodes) en raison de la pauvreté des informations quantitatives disponibles à ce sujet. Les unités de recherches devraient être créées pour une durée supérieure à 5 ans.

2. Établissement d'une banque centrale de données sur les ravageurs et les maladies de forêts tropicales.

Une telle banque de données pourrait être gérée par le Département des forêts de la FAO. Hepting (1965) a proposé un système de collecte des données bibliographiques relatives à la pathologie forestière sur une échelle mondiale. Un système plus complet est cependant nécessaire, pour plusieurs raisons : le domaine de la protection des forêts doit être couvert dans sa totalité; plusieurs ravageurs et maladies des régions tropicales ne sont pas mentionnés dans la littérature; de nombreux rapports donnent peu de détails sur la description, l'épidémiologie de ravageurs importants, l'étendue des dégâts causés par eux, alors que cette information peut être obtenue auprès d'un technicien ou d'un spécialiste (Gray, 1974*b*); de nombreux essais d'espèces, particulièrement d'essences exotiques, ont été faits durant la dernière décennie, en même temps qu'on assistait à une extension marquée des plantations (Gray, 1972*a*) (il y a eu aussi une aggravation parallèle des problèmes phytopathologiques, mais les échanges de données sur ces fléaux entre les pays tropicaux concernés sont restés faibles). La banque de données permettrait des quarantaines plus efficaces en identifiant les fléaux les plus dangereux susceptibles d'être introduits. Elle pourrait être mise à jour chaque année ou plus souvent par liaison directe avec chaque service forestier national.

3. Évaluation des méthodes de lutte contre les ravageurs et étude de la régulation de leurs populations.

Orians (1974) a recommandé d'apprécier la valeur des méthodes de lutte en vigueur dans les régions tempérées et d'examiner les possibilités d'application en zone tro-

picale. Il faudrait aussi, suggère-t-il, faire le point sur les concepts relatifs à la régulation des populations d'insectes, concepts encore mal précisés et sujets à controverse. Les méthodes actuelles de lutte en forêts tempérées ont été critiquées ; elles connaissent une évolution par suite de la mise au point d'autres méthodes de lutte comme l'usage de phéromones agrégatives et de susbstances répulsives, ou encore l'intervention de l'hélicoptère pour retirer les troncs morts ou endommagés qui contiennent des ravageurs. En outre le défaut d'informations sur la régulation des populations de ravageurs dans les forêts tropicales rend vaine une telle évaluation des techniques de lutte. Voir Bowers *et al.* (1976) pour les nouveaux développements de la lutte biologique.

La transposition aux tropiques des méthodes de lutte mises au point dans les régions tempérées doit être déconseillée (Gray, 1974*b* ; Lamb, 1974) ; des modifications ou un ajustement sont le plus souvent nécessaires. Ainsi, par exemple, la forêt peut représenter une ressource alimentaire importante ou abriter des groupes humains, de sorte qu'il est indispensable d'examiner soigneusement les effets de l'emploi de biocides. Beaucoup de fléaux et maladies importants des tropiques doivent être jugés de manière intrinsèque, car les problèmes qu'ils posent sont particuliers et ne peuvent que difficilement être comparés à ceux d'autres régions, notamment en zone tempérée. Par contre, lorsque les mêmes espèces se rencontrent en zone tempérée et en zone tropicale (c'est le cas chez les micro-organismes), on peut faire des comparaisons raisonnables et procéder à une évaluation plus correcte.

4. Adoption de techniques sylvicoles qui réduisent les risques de blessures et d'infections des arbres dans les divers types de plantations, et promotion de recherches sur les mécanismes de défense des arbres tropicaux atteints de blessures.

Mise au point d'un programme de recherches sur les possibilités et les limites de la plantation présentant un âge d'exploitabilité (rotation) en régions tropicales, plutôt que de procéder de façon empirique (« essai et erreur »).

Deux séries de considérations conduisent à avoir de sérieuses préoccupations pour la protection des plantations dans un proche avenir :

a) La plupart des plantations sont jeunes et les méthodes sylvicoles habituelles, élagage et coupes d'éclaircie, destinées à améliorer la croissance des arbres et leur port, doivent encore être pratiquées sur une vaste échelle. Les techniques utilisées s'inspirent largement de celles en usage dans les régions tempérées ou de celles appliquées à d'autres essences; elles devront être modifiées avant d'être normalisées. Comme les arbres sont blessés lors des opérations d'élagage et d'éclaircie, la mécanisation de telles techniques sur une large échelle ne pourra qu'accroître considérablement les voies d'accès aux agents pathogènes; cela est particulièrement vrai dans les régions tropicales pour les virus, les bactéries, les champignons et les insectes.

b) Peu de plantations de seconde rotation ont été établies, mis à part des opérations destinées à remplacer les pertes. Cela pourrait radicalement changer à l'avenir à la suite du récent progrès technique accompli dans la fabrication de pâte à papier à partir des bois tropicaux et de l'intérêt accordé de ce fait à des essences à croissance rapide. La coupe rase et la reconstitution des plantations tous les dix ans ou à des intervalles de temps inférieurs représentent une solution qui n'est pas dépourvue d'intérêt et qui risque d'être rapidement adoptée dans les basses terres des tropiques humides. Cela s'apparenterait à un système de récolte agricole, pour lequel l'expérience a montré la nécessité de la rotation et de la jachère. L'adoption de semblables pratiques dans les plantations tropicales paraît évidente.

Mais les risques d'infestation par des ravageurs et d'infection augmenteront pour deux raisons : *a*) la croissance et l'état sanitaire de la seconde génération d'arbres devraient être moins bons que pour la première ; ces arbres devraient être aussi plus vulnérables aux agressions et aux dommages d'agents destructeurs ; *b*) une aggravation des problèmes phytopathologiques est probable si le délai entre la première récolte et la plantation suivante est court. De nombreux agents pathogènes persistent un certain temps après l'abattage, notamment les pourritures des racines (Bakshi, 1965) ; et les termites (Gray, 1972*a*), qui infestent les arbres nouvellement plantés par le sol. Roberts (1973*a*) a alors recommandé d'abandonner l'habitude de replanter aussitôt après l'abattage afin de réduire les risques d'attaque par les coléoptères térébrants (Platypodidés et Scolytidés).

5. Développement des moyens d'accroître la résistance des principales essences.

Accroître la résistance des arbres aux ravageurs et aux maladies en milieu tropical est un exercice qui a été négligé par les forestiers et les biologistes (Gerhold, 1973). Une meilleure connaissance des mycorhizes devrait aussi contribuer à l'accroissement de la production et de la résistance aux maladies (Smith, 1974). Une telle négligence est probablement à attribuer à la durée et au coût de telles études, tandis que beaucoup de fléaux et maladies deviennent rapidement dévastateurs et que, d'autre part, nombre de chercheurs n'ont qu'un statut temporaire.

En raison de la multiplication des essais avec les mêmes espèces d'arbres (par exemple, *Araucaria*, *Eucalyptus* et *Pinus*) et de l'extension consécutive des dommages causés, il faudrait étudier sérieusement les possibilités d'obtenir des variétés résistantes. Les recherches dans ce domaine restent rares, mais on peut citer en Afrique la sélection réussie, d'après le phénotype et le mode de propagation, d'individus résistants aux *Dothistroma* (Ivory et Patterson, 1970 ; Gibson, 1974).

L'introduction ou la sélection de variétés plus résistantes n'est pas nécessairement une solution définitive (Levin, 1973; Viennot-Bourgin, 1974) parce que la qualité de leur bois ou toute autre caractéristique recherchée pourrait ne pas convenir, ou bien encore parce que ces variétés peuvent être victimes d'un autre ravageur. Mais ce n'est pas une raison suffisante pour ne pas poursuivre les recherches sur la sélection de variétés résistantes, mais il s'agit plutôt d'en élargir les objectifs et de faire preuve de prudence.

Bibliographie

ANON. World situation with regard to forest diseases. *Unasylva* (Rome, FAO), vol. 19, no. 3, 1965a, p. 107–112.

——. World situation with regard to forest insects. *Unasylva*, vol. 19, no. 3, 1965b, p. 113–120.

AUSTARA, O. *Gonometa podocarpi* Aur. (Lepidoptera: Lasiocampidae) a defoliator of exotic softwoods in East Africa. The biology and life cycle at Muko, Kigezi District in Uganda. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 3, 1971, p. 275–289.

——; MIGUNDA, J. *Orgyia mixta* Snell. (Lepidoptera : Lymantriidae) a defoliator of exotic softwoods in Kenya. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 3, 1971, p. 298–307.

——; JONES, T. Host list and distribution of lepidopterous defoliators of exotic softwoods in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 4, 1971, p. 401–413.

*BAKSHI, B. K. Known and potential hazards from stem diseases. heart rots. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 8 p.

——. Diseases of man-made forests. In: *World Symp. on man-made forests and their industrial importance* (Canberra), 1966, p. 639–661.

*——; KUMAR, D. Forest tree mycorrhiza. *Indian Forester*, vol. 94, no. 1, 1968, p. 79–84.

*——; SINGH, S. Heart rot in trees. In: Romberger, J. A.; Mikola, P. (eds.). *International Review of Forestry Research*, vol. III, 1970, p. 197–251.

BENNETT, F. D. Criteria for determination of candidate hosts and for selection of biotic agents. In: Maxwell, F. G.; Harris, F. A. (eds.). *Proceedings of the summer institute of biological control of plant insects and diseases*, p. 87–96. Jackson, University Press of Mississipi, 1974, 647 p.

*BOWERS, W. S.; OHTA, T.; CLEERE, J. S.; MARSELLA, P. A. Discovery of insect anti-juvenile hormones in plants. *Science*, vol. 193, no. 4253, 1976, p. 542–547.

BOYCE, J. S. *Forest pathology*. New York, McGraw-Hill, 1961, 572 p.

BROWN, K. W. Tests of insecticides against *Pineus* spp. in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 34, no. 2, 1970, p. 200–201.

BROWNE, F. G. *Pests and diseases of forest plantation trees*. Oxford, Clarendon Press, 1968.

BRUNCK, F.; FABRE, J. P. Note sur *Analeptes trifasciata* Fabricius, Coléoptère Cérambycide, grave ravageur d'*Anacardium occidentale* en Côte-d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques* (Nogent-sur-Marne), 134, 1970, p. 15–19.

*CARTER, W. *Insects in relation to plant disease*. 2nd ed. New York, Wiley, 1973, 759 p.

COOLING, E. N. G. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. Pinus merkusii*. Comm. For. Institute, Dept. Forestry (Oxford), no. 4, 1968, 169 p.

DEBACK, P. The use of imported natural enemies in insect pest management ecology. In: *Proc. Tall Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Manage.* (Tallahassee, 1971), 3, 1972, p. 211–233.

*EMDEN, H. F. Van (ed.). *Insect/plant relationships*. Oxford, Blackwell, for the Royal Entomological Society, 1973, 215 p.

——; WILLIAMS, G. F. Insect stability and diversity in agro-ecosystems. *Ann. Rev. Ent.*, 19, 1974, p. 455–475.

EVANS, H. C. Natural control of arthropods, with special reference to ants (Formicidae), by fungi in the tropical high forest of Ghana. *J. Appl. Ecol.*, 11, 1974, p. 37-49.

FABRE, J. P.; BRUNCK, F. Action du methidathion sur les chenilles mineuses des pousses des jeunes plants de Framire en Côte-d'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques* (Nogent-sur-Marne), 155, 1974, p. 58–60.

FITTKAU, E. J.; KLINGE, H. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*, vol. 5, no. 1, 1973, p. 2–14.

*FOSTER, R. E. Known and potential hazards from root rot. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 11 p.

FRANCKE-GROSMANN, H. Some investigations on the hazard of intercontinental spread of forest and timber insects. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 11 p.

FRANZ, J. M. Forest insect control by biological measures. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 2, 1965, 24 p.

GEARY, T. F. Mukwa blight in Central Africa. *Plant Disease Recorder*, vol. 56, no. 9, 1972, p. 820–821.

GERHOLD, H. D. Forest trees. In: Nelson, R. R. (ed.). *Breeding plants for disease resistance: concepts and applications*, p. 375–386. University Park, Pennsylvania State University Press, 1973.

GIBSON, I. A. S. The impact of disease on forest production in Africa. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965a, 14 p.

——. Forest pathology in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 31, no. 2, 1965b, p. 194–198.

——. The influence of disease factors on forest production in Africa. In: *14th IUFRO-Congress* (München), vol. 5, 1967, p. 327–360.

——. Diseases of *Pinus patula*. A review. *Comm. For. Rev.*, vol. 49, no. 3, 1970, p. 267–274.

——. Field control of *Dothistroma* blight of *Pinus radiata* using copper fungicide sprays. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 3, 1971, p. 247–274.

*——. *Dothistroma* blight of *Pinus radiata*. *Ann. Rev. Phytopathology*, 10, 1972, p. 51–72.

*——. Impact and control of *Dothistroma* blight of pines. *Eur. J. Forest Path.*, vol. 4, no. 2, 1974, p. 89–100.

——; HOWLAND, P. Graft failure in young *Cupressus lusitanica*. *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 1, 1969, p. 52–54.

GIBSON, I. A. S.; HUDSON, J. C. Pelleting of pine seeds with rhizoctol and other fungicides for control of damping off in Kenya highland nurseries. *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 1, 1969, p. 98–102.

——; MUNGA, F. M. A note on terminal crook disease of pines in Kenya. *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 2, 1969, p. 135–140.

——; HOWLAND, A. K. The action of copper fungicides in the control of *Dothistroma* blight of pines, a pilot study. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 1, 1970, p. 139–153.

GRANHALL, I. Quarantine measures against forest diseases and pests. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 2, 1965, 8 p.

*GRAY, B. Economic tropical forest entomology. *Ann. Rev. Ent.*, 17, 1972a, p. 313–354.

——. The economics and planning of research into tropical forest insect pests. *Pest Articles and News Summaries*, vol. 20, no. 1, 1974a, p. 1–10.

——. Forest insect problems in the South Pacific Islands. *Comm. For. Rev.*, vol. 53, no. 1. 1974b, p. 39–48.

——. Observations on insect flight in a tropical forest plantation. III. Flight activity of Platypodidae (Coleoptera). *Z. Angew. Ent.*, vol. 75, no. 1, 1974c, p. 72–78.

——; WYLIE, F. R. Forest tree and timber insect pests in Papua-New Guinea. II. *Pacific Insects*, vol. 16, no. 1, 1974, p. 67–115.

GREENHAM, C. G.; HAWKSWORTH, F. G. Known and potential hazards to forest production by the mistletoes and dwarf mistletoes. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 11 p.

*GREMMEN, J. Stem diseases of conifers caused by rust fungi. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 15 p.

HARRISON, J. L. The distribution of feeding habits among animals in a tropical rain forest. *J. Anim. Ecol.*, vol. 31, no. 1, 1962, p. 53–63.

*HAWKSWORTH, F. G.; WIENS, D. *Biology and classification of dwarf mistletoes (Arceuthobium)*. Washington, D.C., USDA, Agric. Handbook, no. 401, 1972, p. 1–234.

HEPTING, G. H. Appraisal and prediction of international forest disease hazards. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 12 p.

HOCKING, D. Stem canker and pink stain of teak in Tanzania associated with *Fusarium solani*. *Plant Disease Reporter*, vol. 52, no. 8, 1968, p. 628–629.

——; JAFFER, A. A. Field observations on root rot of teak in Tanzania. *FAO Plant Prot. Bull.*, vol. 15, no. 1, 1967, p. 10–14.

*HODGES, Jr., C. S. Seed and seedling diseases of forest trees of the world. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 8 p.

HOLLOWAY, C. W. The protection of man-made forests from wildlife. In: *World Symp. on man-made forests and their industrial importance* (Canberra), 1966, p. 697–715.

HOWLAND, A. K.; GIBSON, I. A. S. A note on *Diplodia* spp. on pines in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 1, 1969, p. 45–48.

HUFFAKER, C. B. Some implications of plant-arthropod and higher-level arthropod-arthropod food links. *Environmental Ent.*, vol. 3, no. 1, 1974, p. 1–9.

*HULL, R. Mycoplasma and plant diseases. *Pests and News Summaries*, vol. 18, no. 2, 1972, p. 154–164.

HUTTON, R. S.; RASMUSSEN, R. A. Microbiological and chemical observations in a tropical forest. In: Odum, H. T.; Pigeon, R. F. (eds.). *A tropical rain forest. A study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico*, p. F-43–F-56. U.S. Atomic Energy Commission (USAEC), Div. of Technical Information, 1970, 1 678 p.

IVORY, M. H. *Fusicoccum tingens* Goid.: a wound pathogen of pines in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 32, no. 3, 1967a, p. 341–343.

——. A seedling blight of *Vitex keniensis* Turrill. *East African Agric. For. J.*, vol. 32, no. 4, 1967b, p. 393–398.

——. A technique for root cuttings of *Pinus radiata* in Kenya. *East African Agric. For. J.*, vol. 36, no. 4, 1971, p. 356–360.

IVORY, M. H. *Poria* root disease of exotic forest trees in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 39, no. 2, 1973, p. 180–188.

——; PATERSON, D. N. Progress in breeding *Pinus radiata* resistant to *Dothistroma* needle blight in East Africa. *Silvae Genetica*, vol. 19, no. 1, 1970, p. 38–42.

*JANZEN, D. H. Seed predations by animals. *Ann. Rev. Ecology Systematics*, 2, 1971, p. 465–492.

——. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day and insularity. *Ecology*, vol. 54, no. 3, 1973, p. 687–708.

JONES, N. Records and comments regarding flowering of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Comm. For. Rev.*, vol. 53, no. 1, 1974, p. 52–56.

——; KUDLER, J. Fruit development and insect pests of *Terminalia ivorensis* A. Chev. *Comm. For. Rev.*, vol. 50, no. 3, 1971, p. 254–262.

KRSTIC, M. Cankers of forest trees. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 18 p.

KUDLER, J. Problem of forest insect defoliation in Ghana. In: *14th IUFRO-Congress* (München, 1967), vol. V, 1967, p. 618–628.

KULKARNI, D. H. Protection of forests against wildlife in the tropics. In: *Proc. 6th World Forestry Cong.* (Madrid, 1966), vol. II, 1968, p. 1924–1927.

KUNTZ, J. E. Forest disease control: indirect measures. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 2, 1965, 10 p.

LAMB, A. F. A. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. Gmelina arborea*. Comm. For. Institute, Dept. Forestry (Oxford), no. 1, 1968a, 31 p.

——. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. Cedrela odorata*. Comm. For. Institute, Dept. Forestry (Oxford), no. 2, 1968b, 46 p.

——. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. Pinus caribaea*. Comm. For. Institute, Dept. Forestry (Oxford), no. 5, 1971, 254 p.+annexe.

——; NTIMA, O. O. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. Terminalia ivorensis*. Comm. For. Institute, Dept. Forestry (Oxford), no. 5, 1971, 72 p.

LAMB, K. P. *Economic entomology in the tropics*. London, Academic Press, 1974, 195 p.

LAMPRECHT, H. La silvicultura tropical en relación con el establecimiento de plantaciones forestales y el manejo de los bosques naturales. *Instituto Forestal Latino-Americano de Invest. y Capacitación* (Mérida, Venezuela), 22, 1966, p. 18–32.

LAWS, R. M. Elephants as agents of habitat and landscape change in East Africa. *Oikos*, 21, 1970, p. 1–15.

LEE, R. F. *A preliminary annotated list of Malawi forest insects*. Malawi, Forest Research Institute, Research Record, no. 40, 1971, 132 p.

——. *A preliminary account of the biology and ecology of Plagiotriptus spp. (Orthoptera : Eumastacidae)*. Malawi, Forest Research Institute, Research Record, no. 48, 1972, 100 p.

LEVIN, D. A. The role of trichomes in plant defence. *Quart. Rev. Biology*, vol. 48, no. 1, 1973, p. 3–15.

*LEVY, C. *Sapstain of stored wood products and its control. A review of the literature*. Port Moresby, Forest Products Research Centre, 1968, 37 p. multigr.

MACCUAIG, R. D.; DAVIES, R. L. The toxicity of some insecticides against *Manowia* sp. (Acridoidea : Eumastacidae), a pest of *Pinus* plantations in Malawi. *East African Agric. For. J.*, vol. 37, no. 4, 1972, p. 272–278.

MATHUR, R. N. ; CHATTERJEE, P. N. ; SEN-SARMA, P. K. Biology, ecology and control of *Ailanthus* defoliator *Atteva fabriciella* Swed. (Lepidoptera : Yponomeutidae), the defoliator of *Ailanthus excelsa*. *Indian Forester*, vol. 96, no. 7, 1970, p. 538–552.

MCNABB, Jr., H. A 'new' concept of forest tree disease control: physiological suppression. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 2, 1965, 2 p.

*MIKOLA, P. Mycorrhizal inoculation in afforestation. In: Romberger, J. A.; Mikola, P. (eds.). *International Review of Forestry Research*, vol. III, 1970, p. 123–196.

MURDOCH, W. W.; EVANS, F. C.; PETERSON, C. H. Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology*, vol. 53, no. 5, 1972, p. 819–829.

*NOBLE, M.; RICHARDSON, M. J. An annotated list of seed-borne diseases. *Comm. Mycological Institute, Phytopathological Pap.*, no. 8, 1968, 191 p.

NORDIN, V. J. The intercontinental spread of forest pathogens. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 14 p.

NTIMA, O. O. *Fast growing timber trees of the lowland tropics. The Araucarias*. Oxford, Comm. For. Institute, Dept. Forestry, no. 3, 1968, 139 p.

ODERA, J. A. Insecticidal control of *Pineus* sp. (Homoptera : Adelgidae) in East Africa. *Pests and News Summaries*, vol. 17, no. 4, 1971, p. 464–467.

——. A defoliator of pines, *Orgyia hopkinsi* (Lepidoptera : Lymantriidae) in Turbo, Kenya. *Canadian Ent.*, vol. 104, no. 3, 1972a, p. 355–360.

——. Insecticidal control of *Pineus* sp. (Homoptera : Adelgidae) in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 37, no. 4, 1972b, p. 308–312.

——. The incidence and host trees of the pine woolly aphid, *Pineus pini* (L.), in East Africa. *Comm. For. Rev.*, vol. 53, no. 2, 1974, p. 128–136.

OLEMBO, T. W. The incidence of Cypress canker disease in East Africa. *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 2, 1969, p. 166–173.

——. Studies on *Armillaria mellea* in East Africa. Effect of soil chelates on penetration and colonization of *Pinus patula* and *Cupressus lusitanica* wood cylinders by *Armillaria mellea* (Vahl. ex Fr.) Kummar. *Eur. J. Forest Path.*, vol. 2, no. 3, 1972, p. 134–140.

OLOFINBOBA, M. O. Sap stain in *Antiaris africana*, an economically important tropical white wood. *Nature*, 249, 1974, p. 860.

OMAR, A.; DE VOS, A. Damage to exotic softwoods by Sykes monkeys (*Cercopithecus mitus kolbi* Neuman). *East African Agric. For. J.*, vol. 35, no. 4, 1970, p. 323–330.

ORIANS, G. Tropical population ecology. In: Farnworth, E. G.; Golley, F. B. (eds). *Fragile ecosystems. Evaluation of research and applications in the neotropics*, p. 5–65. Berlin, New York, Springer Verlag, 1974, 258 p.

OSISANYA, E. O. The effect of attack of *Diclidophlebia eastopi* (Vond.) (Homoptera : Psyllidae) on the survival of *Triplochiton scleroxylon* (K. Schum.). *Nigerian Ent. Mag.*, vol. 2, no. 1, 1969, p. 19–25.

——. Effect of shade on the rate of infestation of *Triplochiton scleroxylon* by *Diclidophlebia* species. *Ent. Exp. & Appl.*, vol. 13, no. 2, 1970, p. 125–132.

PAULIAN, R. The termites of Madagascar. In: Krishna, K.; Weesner, F. M. (eds.). *Biology of Termites*, p. 281–294. New York, Academic Press, vol. II, 1970, 643 p.

PEREGRINE, W. T. H.; SIDDIQI, M. A. A revised and annotated list of plant diseases in Malawi. *Comm. Mycological Institute, Phytopathological Pap.*, no. 16, 1972, 51 p.

PROCTER, J. E. A. Diseases of pines in the Southern Highlands Province, Tanganyika. *East African Agric. For. J.*, vol. 31, no. 2, 1965, p. 203–209.

REDDY, M. A. R. Damping-off in conifer nurseries in India. *Indian Forester*, vol. 95, no. 7, 1969, p. 475–479.

RICHARDS, P. W. The tropical rain forest. *Scientific American*, vol. 229, no. 6, 1973, p. 58–67.

ROBERTS, H. The Platypodidae of Nigeria (Coleoptera). I. The mountains. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, vol. 83, no. 3–4, 1971, p. 243–301.

——. *Forest entomology. Fiji.* 1973a, 33 p. multigr.

——. The Platypodidae of Nigeria (Coleoptera). III. The low altitude rain forest. *Revue Zool. Botanique Africaines*, vol. 87, no. 2, 1973b, p. 344–378.

ROSEVEAR, D. R. *The rodents of West Africa*. London, British Museum (Natural History), Publ. no. 677, 1969, 604 p.

*ROSSELL, S. E.; ABBOT, E. G. M.; LEVY, J. F. Bacteria and wood. A review of the literature relating to the presence, action and interaction of bacteria in wood. *J. Inst. Wood Science*, vol. 6, no. 2, 1973, p. 28–35.

RUDINSKY, J. A.; SARTWELL, C. Jr.; GRAVES, T. M.; MORGAN, M. E. Granular formulation of methylcydokexenone: an antiaggregative pheromone of the Douglas fir and spruce bark beetles (Coleoptera : Scolytidae). *Z. Ang. Ent.*, vol. 75, no. 3, 1974, p. 254–263.

RUEHLE, J. L. Nematodes and forest trees, types of damage to tree roots *Ann. Rev. Phytopathology*, 11, 1973, p. 99–118. Academic Press, 1972, 563 p.

SANG, F. K. A.; MUNGA, F. M. Trials of fungicides for control of terminal crook in *Pinus radiata* in Kenya. *East African Agric. For. J.*, vol. 39, no. 1, 1973, p. 41–45.

SCHEDL, K. E. *Monographie der Familie Platypodidae, Coleoptera*. The Hague, Junk, 1972, 322 p.

SELISKAR, C. E. Virus and virus like disorders of forest trees. In: *FAO/IUFRO Symp. on int. dangerous forest diseases and insects* (Oxford, 1964), vol. 1, 1965, 44 p.

SHAIN, L.; HILLIS, W. E. Ethylene production in *Pinus radiata* in response to *Sirex-Amylostereum* attack. *Phytopathology*, vol. 62, no. 12, 1972, p. 1407–1409.

SHIGO, A. L.; HILLIS, W. E. Heartwood, discolored wood, and micro-organisms in living trees. *Ann. Rev. Phytopathology*, 11, 1973, p. 197–222.

SIMMONDS, F. J. Economics of biological control. *Pests and News Summaries*, vol. 14, no. 3, 1968, p. 207-215.

SMITH, S. E. Mycorrhizal fungi. *Critical Rev. Microbiology*, vol. 3, no. 3, 1974, p. 275–313.

SPAULDING, P. *Foreign diseases of forest trees of the world*. Washington, D.C., USDA, Agric. Handbook no. 197, 1961, 361 p.

STYLES, B. T. The flower biology of the Meliaceae and its bearing on tree breeding. *Silvae Genetica*, vol. 21, no. 5, 1972, p. 175–182.

VIENNOT-BOURGIN, G. The role of phytopathological research in developing countries. *Phytopathology*, vol. 64, no. 7, 1974, p. 912–917.

VITE, J. P. Pest management systems using synthetic pheromones. *Contrib. Boyce Thompson Institute*, vol. 24, 1970, p. 343–350.

WEBB, L. J. Biological aspects of forest management. *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, 3, 1968, p. 91–95.

*WHITMORE, T. C. *Tropical rain forests of the Far East*. Oxford, Clarendon Press, 1975, 278 p., 550 références.

WING, L. D.; BUSS, I. O. Elephants and forests. *Wildlife Monographs*, vol. 19, no. 2, 1970, p. 1–92.