NN 8201 no 368 C

ÉTUDE DE LA RELATION ENTRE LE SCOLYTE DES RAMEAUX DU CAFÉIER, *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. (*X. MORSTATTI* HAG.), ET SA PLANTE-HÔTE

L. BRADER

BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN

NN08201.368

Dit proefschrift met stellingen van

LUKAS BRADER,

landbouwkundig ingenieur, geboren te Assen, 2 maart 1935, is goedgekeurd door de promotor, Dr. J. DE WILDE, hoogleraar in het dierkundige deel van de plantenziektenkunde.

De Rector Magnificus der Landbouwhogeschool
W. F. EIJSVOOGEL

Wageningen, 20 april 1964

633.73:632.768.24:632.522

ÉTUDE DE LA RELATION ENTRE LE SCOLYTE DES RAMEAUX DU CAFÉIER, *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. (*X. MORSTATTI* HAG.), ET SA PLANTE-HÔTE

with an English summary
met een samenvatting in het Nederlands

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. F. EIJSVOOGEL,
HOOGLERAAR IN DE HYDRAULICA, DE BEVLOEIING,
DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE EN DE BOSBOUWARCHITECTUUR,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG 19 JUNI 1964 TE 16 UUR

DOOR

L. BRADER

H. VEENMAN & ZONEN N.V. – WAGENINGEN – 1964

STELLINGEN

I

Het voedsel door Ambrosiakevers aan hun waardplanten ontleend, wordt uitsluitend opgenomen door het nuttigen van de voedingsschimmel.

Dit proefschrift.

II

De rol, die de voedingsschimmel bij Ambrosiakevers vervult, vertoont veel overeenkomst met die van de endosymbionten bij xylophage insekten.

BUCHNER, P., 1953. Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. 771 pp.. Verlag Birkhäuser, Basel.
Dit proefschrift.

III

Het beschrijven van nieuwe Ambrosiakever-variëteiten zonder vergelijkende biologische studies, zoals dit door Schedl is gedaan, moet als ongewenst worden beschouwd.

SCHEDL, K. E., 1952. Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren, Série 8e, Sc. zool. 13: 63 pp..

IV

Het is te verwachten, dat de ontwikkeling van specifiek werkende insekticiden slechts dan op belangrijke schaal zal geschieden, indien deze van overheidswege wordt gefinancierd.

V

Bij het recente onderzoek over de bouw van de corpora cardiaca wordt het ganglion – karakter van deze organen te weinig naar voren gebracht.

SCHARRER, B., 1963. Z. Zellforsch. 60: 761–796.

VI

Aan de invloed van de luchtvochtigheid op de groei en de produktie van bananen wordt te weinig betekenis gehecht.

SIMMONDS, N. W., 1958. Bananas, 466 pp.. Longmans, London.
OPPENHEIMER, C., 1960. Premier réunion intern. FAO/CCTA sur la production de la banane, Abidjan.

VII

De kustsavannes in de Ivoorkust zijn anthropogeen.

LENEUF, N. et AUBERT, G., 1956. C. R. Acad. Sciences 243: 859–860.

Proefschrift L. BRADER
Wageningen, juni 1964

VIII

Het bestaan in de plant van virussen in de vorm van vrij RNA wordt niet aannemelijk gemaakt door een fenolextractie van geïnfecteerd plantemateriaal.

CADMAN, C. H., 1962. Nature, 193: 49–52.

IX

Het mikroklimaat van grasland in gematigde streken is zodanig, dat de aanwezigheid van een niet-parasitaire mikroflora in de fyllosfeer waarschijnlijk is. De invloed van deze mikroflora op de ontwikkeling van het gras dient nader te worden bestudeerd.

LAST, F. T., 1955. Trans. Brit. mycol. Soc. 38: 221–239.
RUINEN, J., 1961. Plant and Soil 15: 81–109.

X

Indien men zinvolle medische hulp wil verlenen in de ontwikkelingsgebieden, dient men zich rekenschap te geven van de wijze waarop de ander het ziekzijn ervaart en verwerkt.

VOORWOORD

Bij het afsluiten van dit proefschrift zou ik een ogenblik willen stilstaan bij de omstandigheden, die tot dit resultaat geleid hebben.

Mijn ouders hebben zich zeer veel opofferingen moeten getroosten om mij in staat te stellen te studeren. Hun oprechte levensovertuiging is mij steeds een enorme steun en stimulans geweest.

De directe aanleiding tot het volgen van een studie op universitair niveau waren de adviezen van Dr. J. T. GROENMAN, directeur van de R.H.B.S. te Assen. Hem op deze plaats daarvoor te danken is mij een bijzonder genoegen.

De Hoogleraren van de Landbouwhogeschool ben ik dankbaar voor het inzicht in de landbouwwetenschappen, dat zij mij hebben gegeven.

Hooggeleerde DE WILDE, de bijzondere manier waarop u de studenten doet kennisnemen van de entomologie, is doorslaggevend geweest voor de beslissing mij verder in uw vak te verdiepen. U heeft veel vertrouwen in mij gesteld door mij voor te dragen als beheerder van het Centre Néerlandais in de Ivoorkust. Bij de keuze van mijn promotieonderwerp en de uitwerking ervan zijn uw kennis en interesse van fundamenteel belang geweest. Ik wil u oprecht dank zeggen voor Uw zo sterk persoonlijk gerichte belangstelling.

Het Bestuur van de Landbouwhogeschool en de Commissie Adiopodoumé ben ik erkentelijk, dat zij mij de mogelijkheid hebben geboden om gedurende enkele jaren in de Ivoorkust te werken.

Mijn onderzoek kwam tot stand met medewerking van het Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales te Adiopodoumé, Ivoorkust. De directeuren Professor G. MANGENOT en DR. N. LENEUF ben ik zeer verplicht voor hun hartelijke ontvangst.

Ik mocht over mijn onderwerp zeer nuttige gesprekken voeren met Dr. J. A. VON ARX, Dr. J. G. BETREM en Dr. L. G. E. KALSHOVEN. Hun aanwijzingen en persoonlijke interesse hebben veel bijgedragen tot het resultaat van dit onderzoek. Dr. F. G. BROWNE verrichtte de identificatie van het kevermateriaal.

Dr. J. B. M. VAN DINTHER heeft zich ter plaatse gedurende enige maanden in mijn onderzoek verdiept, waarbij ik dankbaar gebruik heb kunnen maken van zijn grote ervaring. Zijn opmerkingen hebben een belangrijke bijdrage geleverd voor de juiste aanpak van een aantal onderwerpen.

Dr. A. J. M. LEEUWENBERG verleende zijn zeer gewaardeerde medewerking bij de juiste naamgeving van het verzamelde plantemateriaal.

De franse tekst is gecorrigeerd door R. ÉCOCHARD en J. DAVET. De belangstelling door hen getoond en hun efficiënte manier van werken hebben het mij mogelijk gemaakt het proefschrift op tijd persklaar te krijgen.

Dank ben ik ook verschuldigd aan M. P. VAN DER SCHELDE en E. J. J. VERHAAF, die de figuren tekenden, aan J. DUVAL, B. SOUCHAUD en vooral G. EIMERS, die assistentie verleenden bij het maken van de foto's, aan mej. M. C. ALBERS voor het typen van de definitieve tekst.

Vele vrienden en kennissen, vooral in de Ivoorkust, hebben steeds een grote interesse voor mijn werk getoond. Hun belangstelling is mij een stimulans geweest, waarvoor ik allen zeer erkentelijk ben.

SOMMAIRE

1. Introduction 1
   1.1. Quelques généralités sur les Scolytoidea 1
   1.2. But de nos recherches 3

2. Introduction à quelques problèmes généraux du *Xyleborus compactus* Eichh. 4
   2.1. Morphologie et Nomenclature 4
   2.2. Répartition géographique 5
   2.3. Importance économique de *Xyleborus compactus* Eichh. et le caractère des dégâts . 7
      2.3.1. Évolution des dégâts. 7
      2.3.2. Distribution de l'attaque et des dégâts dans les caféiers 8
      2.3.3. Intensité d'attaque et dégâts sur différentes variétés de *Coffea*. 11
      2.3.4. Analyse des facteurs déterminant les dégâts 13
      2.3.5. Intensité d'attaque sur d'autres plantes-hôtes 15
   2.4. *Xyleborus compactus* Eichh. parasite primaire ou secondaire du caféier 20
   2.5. Possibilités de lutte contre *Xyleborus compactus* Eichh. 21
      2.5.1. Mesures culturales 21
      2.5.2. Lutte biologique 22
      2.5.3. Lutte chimique 23

3. Biologie de *Xyleborus compactus* Eichh. 25
   3.1. Méthodes 25
   3.2. Construction de la galerie et ensemencement de l'*Ambrosia* 27
      3.2.1. Formation de la galerie. 27
      3.2.2. Durée de la construction de la galerie et de l'installation de l'*Ambrosia* . . . 28
   3.3. Cycle évolutif du scolyte 30
      3.3.1. Durée des différents stades 30
      3.3.2. Stade larvaire 32
      3.3.3. Nombre de descendants 34
      3.3.4. Répartition des sexes 36
      3.3.5. Parthénogénèse 37
      3.3.6. Résumé des observations 38
   3.4. Relation symbiotique entre *Xyleborus compactus* Eichh. et l' *Ambrosia* 38
      3.4.1. Données bibliographiques 38
      3.4.2. L'*Ambrosia* de *Xyleborus compactus* Eichh. 40
      3.4.3. Description de l'*Ambrosia* de *Xyleborus compactus* Eichh. 40
      3.4.4. Spécificité *Xyleborus compactus* Eichh. – *Ambrosiella xylebori* 42
      3.4.5. Exigences physiologiques d'*Ambrosiella xylebori* 42
      3.4.6. Scolytes vecteurs de l'*Ambrosia* 46
      3.4.7. Valeur nutritive de l'*Ambrosia*. 47
   3.5. Sortie des femelles 48
      3.5.1. Facteurs déterminant la sortie. 48
      3.5.2. Sortie de la fondatrice 52
      3.5.3. Durée de la période de sortie 52
      3.5.4. Poids des jeunes femelles 52
      3.5.5. Fécondation des femelles. 53

4. Relation entre *Xyleborus compactus* Eichh. et sa plante-hôte 54
   4.1. Influence des facteurs climatiques sur l'évolution de l'attaque 54
      4.1.1. Fluctuations journalières de l'attaque. 54
         4.1.1.1. Méthodes. 54

4.1.1.2. Influence des précipitations 55
4.1.1.3. Influence de l'insolation. 55
4.1.1.4. Influence de la température et de l'humidité relative à midi 56
4.1.1.5. Attaques inachevées 57
4.1.2. Fluctuations annuelles de l'attaque 58
4.1.2.1. Méthodes. 58
4.1.2.2. Aperçu général des fluctuations observées 60
4.1.2.3. Influence des facteurs climatiques. 60
4.1.2.4. Influence des changements physiologiques de la plante. 62
4.1.2.5. Discussion de la littérature 65
4.2. Étude du comportement des femelles de *Xyleborus compactus* Eichh. en relation avec ses plantes-hôtes 67
4.2.1. Analyse de l'attaque totale dans une plantation de caféiers 67
4.2.2. Facteurs sensoriels de la relation *Xyleborus compactus* Eichh. – plante–hôte. 71
4.2.2.1. Caractères morphologiques des plantes-hôtes. 71
4.2.2.2. Essais en champs. 72
4.2.2.3. Essais en laboratoire 74
4.2.2.4. Essais comparatifs de l'attraction de deux variétés de *Coffea* . . . 75
4.2.2.5. Rôle des antennes dans la perception de la plante-hôte 78
4.2.2.6. Acceptation de la plante-hôte 78
4.2.2.7. Taraudage de la galerie de pénétration. 80
4.2.2.8. Taraudage de la galerie de ponte 81
4.2.2.9. Conclusions. 82

5. Aperçu de la signification pratique des résultats 83
5.1. Plantes-hôtes, sources de nouvelles infections 83
5.2. Lutte contre *Xyleborus compactus* Eichh. 84
5.2.1. Méthodes culturales 84
5.2.2. Lutte chimique 85

6. Conclusion générale 87

7. Résumé 91

8. Remerciements 95

9. Summary 96

10. Samenvatting 99

11. Bibliographie 103

Cette thèse sera aussi publiée comme ‚Mededelingen van de Landbouwhogeschool Wageningen' 64-7 (1964) [Communications de l'Institut National des Hautes Études Agronomiques 64-7 (1964)]

1. INTRODUCTION

1.1. Quelques généralités sur les scolytoidea

Le groupe des Scolytoidea mycétophages comprend toutes les espèces de la famille Platypodidae et une partie des membres de la famille des Scolytidae. Brues, Melander et Carpenter (1954) subdivisent les Scolytoidea en cinq familles: Platypodidae, Chapuisidae, Ipidae, Scolytidae et Scolytiplatypodidae. Browne (1961 a) par contre donne seulement deux familles: Scolytidae (sous-familles: Hylesininae, Ipinae et Scolytoplatypinae) et Platypodidae (sous-familles: Platypinae, Diapinae et Platytarsulinae).

Les Scolytoidea sont des insectes phytophages, qui se nourrissent surtout de bois, de graines ou de champignons. Ils passent la plus grande partie de leur vie dans des galeries où ils vivent avec leur couvain, sauf pendant la période de vol, quand les jeunes femelles quittent la galerie-mère à la recherche d'une nouvelle plante-hôte.

Balachowsky (1949) classe les Scolytoidea suivant la position des galeries par rapport à l'écorce: les galeries corticales dans la profondeur de l'écorce; les galeries sous-corticales atteignant l'aubier; les galeries pénétrantes forées dans la profondeur du bois.

Divers auteurs les classent en fonction du régime alimentaire (Paulian, 1949; Schedl, 1958; Browne, 1961a). Dans le classement de Browne, qui suit Schedl, les espèces se groupent de la manière suivante:

a. herbiphages, se nourrissant directement des tissus des plantes herbacées. Ce phénomène est rare. On peut citer *Hylastinus obscurus* Marsh. dans les tiges et les racines des plantes légumineuses en Amérique du Nord.

b. cléthrophages, se nourrissant de graines ou de tissus des fruits; par exemple *Stephanoderes hampei* (Ferr.), le scolyte des graines de café.

c. phloeophages, se logeant dans les tissus vivants intérieurs de l'écorce et s'en nourrissant; les coléoptères corticaux, ‚bark beetles'. Cette forme est très commune chez les Scolytidae, surtout dans les régions tempérées, par exemple *Ips typographus* L. sur *Abies*, *Picea* et *Pinus*.

d. xylophages, se logeant dans le bois et s'en nourrissant. Ces formes sont rares: *Diamerus ritsemae* Eichh. sur *Pasania sundaica* Oerst. en Malaisie.

e. xylo-mycétophages, se logeant dans le bois mais vivant de champignons ‚*Ambrosia*', qui tapissent les parois des galeries. Ces formes chez les Scolytoidea sont prédominantes dans les régions tropicales. Dans une étude des scolytides de Malaisie, Browne (1961a) trouve que 63% des espèces connues sont des foreurs du bois. *Xyleborus compactus* Eichh. est un représentant de ce groupe.

Ce dernier terme ne semble d'ailleurs pas très juste, car il donne l'impression qu'il s'agit des espèces mangeant du bois et des champignons. Schedl l'a proposé pour distinguer les insectes ambrosioides des autres insectes, qui vivent en symbiose avec des champignons en dehors du bois.

Cependant il est possible que les larves aient encore une autre possibilité de régime alimentaire: se nourrissant surtout de l'*Ambrosia*, elles pourraient pro-

fiter aussi des éléments nutritifs des liquides qui sont produites quelquefois en assez grandes quantités par des tissus endommagés (BEESON, 1917; KALSHOVEN, 1962).

Dans un système de galeries des Scolytoidea mycétophages on distingue (BALACHOWSKY, 1949):

a. un trou d'entrée.

b. un couloir de pénétration entrant habituellement directement dans le bois où il passe à la galerie de ponte.

c. les galeries de ponte ou galeries maternelles, qui sont plus ou moins ramifiées.

Le couvain se trouve généralement dans la galerie maternelle. Par contre chez quelques genres (par exemple *Scolytoplatypus*), les oeufs sont déposés séparément dans des petites encoches latérales. En ce cas les larves et les nymphes passent toute leur vie dans ces logettes agrandies successivement par les larves. Chez *Premnobius* les larves passent la plus grande partie de leur vie dans la galerie maternelle, mais elles construisent finalement des cellules nymphales. Chez *Webbini* on observe des élargissements des galeries de ponte où les larves se groupent.

Après l'installation de l'*Ambrosia* sur les parois de la galerie maternelle, les oeufs sont déposés pêle-mêle en petits groupes. La mère et son couvain restent ensemble pendant tout le cycle évolutif. Dès que la femelle a fini la construction de la galerie, et après avoir pondu les oeufs, elle obstrue le trou d'entrée avec son abdomen tourné vers l'extérieur. On peut s'imaginer qu'ainsi elle ferme la galerie contre des envahisseurs éventuels, par exemple des fourmis. Parfois, en Côte d'Ivoire, nous avons observé que les fourmis du genre *Crematogaster* essayaient de pénétrer inutilement, bien que les bords du trou d'entrée fussent partiellement dégagés par cette fourmi. La fonction de la femelle dans l'aération de la galerie est inconnue.

Les Scolytoidea mycétophages ne sont généralement pas très sélectifs quant au choix de leur plante-hôte, et vivent dans des essences très variées. BROWNE (1935, 1952) note qu'on n'a jamais trouvé un représentant qui se restreigne à une seule espèce de plante, même pas à une famille, et il remarque que la diversité des plantes-hôtes est un des caractères les plus remarquables de ce groupe. Par contre, la polyphagie est rare chez les espèces phloeophages des Scolytoidea.

Chez certaines espèces mycétophages la diversité du choix de la plante-hôte peut être si générale, qu'il semble que l'insecte n'est en aucun cas sélectif. BROWNE (1952, 1958) cependant a pu démontrer que même en ces cas souvent il existe une préférence pour certaines familles de plantes.

Les Scolytoidea mycétophages sont surtout des parasites secondaires. Les arbres en mauvais état de végétation, malades ou abattus sont les hôtes préférés. Quand une population devient épidémique, ils peuvent aussi s'attaquer aux plantes en pleine vigueur (SWAINE, 1918; BLACKMAN, 1922; RUDINSKY, 1962). D'après KALSHOVEN (1960) les Platypodidae, en forant dans du bois vivant, se noient en grandes quantités dans la résine formée. Quelques espèces pourtant

ont une préférence pour des plantes vigoureuses: par exemple *Xyleborus compactus* Eichh. (LAVABRE, 1959).

Dans les exploitations forestières, les Scolytoidea constituent un danger toujours présent pour les bois abattus; leurs galeries de moins de 1 mm à 2,5 mm de diamètre diminuent par elles-mêmes la valeur du bois. En plus, elles s'accompagnent toujours de dégâts dûs à des champignons qui ont pénétré dans le bois avec les insectes. HUBBARD (1897) a déjà noté la coloration des tissus entourant la galerie par l'*Ambrosia*. WEBB et JONES (1956) estiment que la perte totale des produits forestiers en Afrique occidentale est de l'ordre de 15%.

Sur certaines cultures tropicales les dégâts causés par les scolytes peuvent prendre des formes catastrophiques, se manifestant surtout par une perte importante des branches attaquées: *Xyleborus fornicatus* Eichh., le scolyte du thé à Ceylan (GADD, 1943) et *Xyleborus compactus* Eichh., le scolyte du caféier en Indonésie, Afrique occidentale et équatoriale (BETREM, 1930; LAVABRE, 1958).

Les attaques sur les plants en pépinière ont aussi une importance économique résultant de la perte totale du plant attaqué (KALSHOVEN, 1958b; ENTWISTLE, 1960).

1.2. BUT DE NOS RECHERCHES

La connaissance des problèmes biologiques et écologiques des Scolytoidea mycétophages est loin d'être suffisante pour résoudre toutes les difficultés rencontrées dans les efforts de lutter le plus efficacement possible contre ces insectes néfastes, bien que dernièrement d'importants travaux aient été faits par BROWNE, CACHAN, KALSHOVEN, LAVABRE (le dernier en ce qui concerne le scolyte du caféier) et le West African Timber Borer Research Unit.

Les entomologistes prennent de plus en plus conscience du fait que l'étude des facteurs influençant les relations insecte–plante-hôte devrait former la base de la lutte contre les insectes nuisibles. Or, nos recherches ont été faites dans le but principal de les diriger vers l'élucidation de ce problème.

Le scolyte des rameaux du caféier, *Xyleborus compactus* Eichh., a servi comme matériel pour les observations.

Cependant il serait incorrect de traiter ce problème en négligeant son importance économique. Dans le chapitre 2 la distribution géographique et le développement des dégâts seront examinés, ainsi que les essais faits pour lutter contre l'insecte. Une connaissance approfondie de la biologie de l'insecte est indispensable, et, selon notre opinion, indiscutable (chapitre 3). Dans le chapitre 4, les facteurs écologiques jouant un rôle dans les fluctuations numériques des populations de *X. compactus* Eichh., aussi bien l'influence du climat que l'influence directe de la plante-hôte, seront considérés. Le chapitre 5 donne un aperçu de la portée pratique des résultats de nos recherches.

2. INTRODUCTION À QUELQUES PROBLÈMES GÉNÉRAUX DU *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH.

2.1. MORPHOLOGIE ET NOMENCLATURE

Xyleborus compactus Eichh., le scolyte des rameaux du caféier, est un scolyte mycétophage; la galerie de pénétration passe directement dans la galerie de ponte. Pendant tout le cycle évolutif la femelle reste avec son couvain. Le dimorphisme sexuel est très marqué, comme d'ailleurs chez la plupart des Scolytoidea. LAVABRE (1962) énumère les différences suivantes:

	mâles	femelles
taille moyenne	0,75 à 1,20 mm	1,70 à 1,80 mm
couleur	brun clair	noir brillant
ailes	vestigiales	bien développées et fonctionnelles
pubescence	assez réduite	forte et longue
abdomen	court	bien développé

X. compactus Eichh. est un parasite primaire du caféier, où les dégâts se manifestent par une perte importante des rameaux plagiotropes.

LEWIS a recueilli au Japon en 1872 le *X. compactus* décrit par EICHHOFF en 1875 (CHAPUIS et EICHHOFF, 1875). Des spécimens trouvés par MORSTATT en Amani (Tanganyika), comparés par HAGEDORN avec *X. compactus* Eichh. et *X. coffeae* Wurth de Java, ont été décrits comme une nouvelle espèce, *Xyleborus morstatti* Hagedorn (HAGEDORN, 1912). Il trouvait des caractères différents quant à la forme et à la structure du pronotum et des élytres.

MURAYAMA et KALSHOVEN (1962) ont démontré que les différences entre *X. compactus* Eichh. et *X. morstatti* Haged. indiquées par HAGEDORN manquaient de bien-fondé. Il s'agit donc d'une synonymie. Parfois abusivement le nom *Xyleborus coffeae* Wurth a été donné à cette espèce (KALSHOVEN, 1961b).

À part *X. compactus* Eichh. d'autres scolytes taraudant le bois du caféier ont été signalés. En Indonésie, d'après KALSHOVEN (1958b), *Xyleborus morigerus* Bldf. a été remplacé comme parasite important des rameaux du caféier par *X. compactus* Eichh. vers 1930. Les autres scolytes n'ont pas d'importance économique; le tableau 1 les donne par ordre chronologique de publication.

TABLEAU 1. Liste des scolytides taraudant le bois du caféier.

Eccoptopterus gracilipes Eichh.	(KONINGSBERGER et ZIMMERMANN, 1901; KALSHOVEN, 1959)
Xyleborus aulmanni Hag.	(AULMANN, 1911)
Xyleborus perforans Woll.	(STAHEL, 1917)
Xyleborus brasiliensis Egg.	(EGGERS, 1928)
Xyleborus discolor Bldf.	(ULTÉE, 1931 b)
Xyleborus bicornis Egg.	(ULTÉE, 1931 b)
Stephanoderes spp.	(ULTÉE, 1931 b)
Xyleborus torquatus Eichh.	(FRAPPA, 1933)
Eccoptopterus sexspinosus Mots.	(VRIJDAGH, 1947)

Xyleborus raripilis Fauv.	(COSTE, 1955)
Hyorrhynchus pilosus Egg.	(KALSHOVEN, 1958 c)
Dryocoetes coffeae Egg.	(KALSHOVEN, 1958 c)
Xyleborus pygmaeus Egg.	(KALSHOVEN, 1959)
Xyleborus mucronatus Egg.	(KALSHOVEN, 1959)
Xyleborus haberkorni Egg.	(KALSHOVEN, 1959)
Xyleborus quadrispinosulus Egg.	(KALSHOVEN, 1959)
Cnestis bicornis (Egg.)	(KALSHOVEN, 1959)
Xyleborus coffeiceus Schedl	(DINTHER, VAN, 1960)
Xyleborus affinis Eichh. (*X. mascarensis* Eichh.)	(DINTHER, VAN, 1960)
Xyleborus ferrugineus (F.)	(DINTHER, VAN, 1960)
Dryocoetes nitidus Sch.	(BROWNE, 1961 a)
Hypothenemus grandis Schedl	(MAYNÉ et DONIS, 1962)
Stephanoderes subagnatus Egg.	(MAYNÉ et DONIS, 1962)
Stephanoderes polyphagus Egg.	(MAYNÉ et DONIS, 1962)
Stylotentus criticus Schedl	(MAYNÉ et DONIS, 1962)
Xyleborus semigranosus Bldf.	(MAYNÉ et DONIS, 1962)
Hypothenemus pusillus (Egg.)	(LAVABRE, 1962)
Xyleborus guatemalensis Hopk.	(KALSHOVEN, 1963)
Hypothenemus camerunus (Egg.)	1 ♀ sur rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, 13–IV 1962. Détermination F. G. Browne (obs. pers.)
Hypothenemus cassavaensis Schedl	1 ♀ sur rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire 9–VIII 1962. Détermination F. G. Browne (obs. pers.)
Hypothenemus hampei (Ferr.)	7 ♀♀ sur rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*, Adiopodoumé, 14–I–1960; Nieky, Côte d'Ivoire, 12–IV, 17–IV, 13–VI, 4–VII 1962. Détermination F. G. Browne (obs. pers.)
Hypothenemus theobromae (Egg.)	2 ♀♀ sur rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*, Nieky, Côte d'Ivoire, 11-VII, 14–VII 1962. Détermination F. G. Browne (obs. pers.)
Hypothenemus uniseriatus (Egg.)	8 ♀♀ sur rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*, Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, 4–I, 17–IV, 14–V 1960, 30–III, 11–IV 1961. Détermination F. G. Browne (obs. pers.)

2.2. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

X. compactus Eichh. a été trouvé dans presque toute la zone tropicale de l' Asie et de l'Afrique. Jusqu'à maintenant cet insecte n'a pas été signalé en Amérique Centrale ni en Amérique du Sud. BROWNE (1963) prédit que son apparition dans ces dernières régions ne sera qu'une question de temps.

La figure 1 montre la distribution géographique. Les données pour cette carte sont extraites de la littérature suivante: Figi (LEVER, 1939); Indonésie (KALSHOVEN, 1958b); Malaisie (BROWNE, 1961a); Indo-Chine (DUPORT, 1911; KALSHOVEN, 1961b); Ceylan (GREEN, 1912; SPEYER, 1923); l'Inde (SOMASEKHAR, 1958); Japon (CHAPUIS et EICHHOFF, 1875); Maurice (JEPSON, 1939); Madagascar (FRAPPA, 1933); Tanganyika (HAGEDORN, 1912; RITCHIE, 1934); Cameroun (LAVABRE, 1958); Nigéria (ENTWISTLE, 1960); Ghana (ENTWISTLE, 1960); Côte d'Ivoire (ALIBERT, 1951); Libéria (Obs. pers., 1961); Guinée (CHEVALIER,

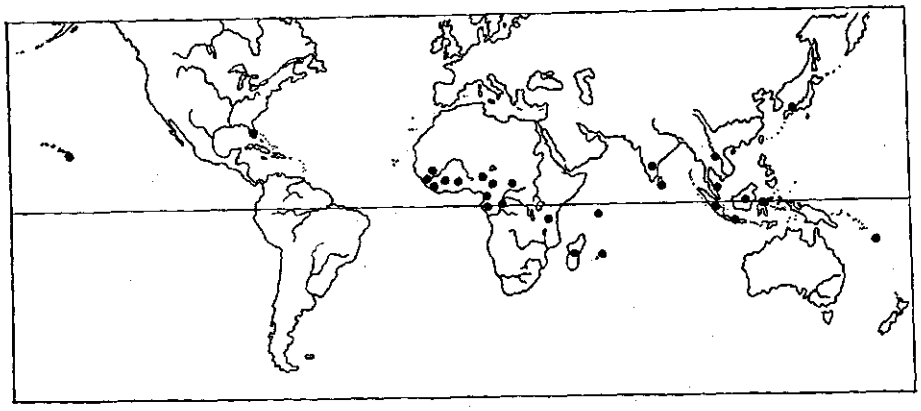


FIGURE 1. Distribution géographique de *X. compactus* Eichh..

1931); Sierra Léone (HARGREAVES, 1930); Seychelles (BROWN, 1954); Guinée Espagnole (KRUG, 1959); République Centrafricaine (LAVABRE, 1962); Congo (Brazzaville) (LAVABRE, 1962); Gabon (LAVABRE, 1962); Floride et Hawaii (WOOD 1963, Comm. pers.).

En Afrique l'insecte est surtout abondant sur la côte occidentale. Dans une partie de l'Afrique équatoriale il est rare ou complètement absent. La dernière observation en Afrique orientale date de 1934 (RITCHIE).

X. compactus Eichh. parasite surtout *Coffea canephora* Pierre. Si nous nous bornons à l'Afrique et à l'Asie, il se démontre que le pourcentage d'attaques de cette variété est très variable d'un pays à l'autre. Dans son ‚World Coffee Survey' KRUG (1959) a compilé toutes les données techniques des pays producteurs de café. La figure 2 indique les pays où *X. compactus* Eichh. est considéré comme un parasite important du café (•) ainsi que les pays où *Coffea canephora* Pierre est cultivé (+).

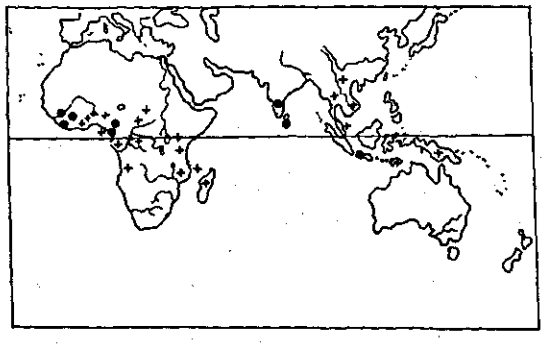


FIGURE 2.
Pays où *X. compactus* Eichh. est considéré comme un parasite important du caféier (•), et pays où *Coffea canephora* Pierre est cultivé (+).

L'interprétation de ces données reste assez délicate, car il est bien connu que la connaissance de certains parasites dépend surtout des recherches faites sur place. Au Congo (Léopoldville) *X. compactus* Eichh. n'a pas été trouvé, bien que des recherches très approfondies aient été faites. MAYNÉ et DONIS (1962) par

exemple mentionnent cinq autres scolytes recueillis sur *Coffea* spp.. L'absence des plantes-hôtes convenables semble très peu probable, car ce sont surtout les variétés de *Coffea canephora* Pierre (var. *robusta* Inéac) introduites du Congo (Léopoldville) qui sont le plus attaquées en Côte d'Ivoire. Les données climatologiques des régions caféières de ces deux pays sont (KRUG, 1959):

	pluviométrie	nombre de mois secs	température annuelle moyenne	variations mensuelles de température
Côte d'Ivoire	ca 1700 mm	2	26,4	24,4–28,2
Congo (Léo)	ca 1800 mm	3	24,4	23,5–25,1

La température moyenne est donc sensiblement plus basse au Congo (Léopoldville). En se basant sur le fait bien établi que les conditions en Côte d'Ivoire sont favorables à l'attaque du caféier par le scolyte, il est possible de rattacher l'absence du *X. compactus* Eichh. au Congo (Léopoldville) et dans les pays plus à l'est en Afrique, à la température moyenne plus basse de ces pays.

2.3. IMPORTANCE ÉCONOMIQUE DE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. ET LE CARACTÈRE DES DÉGÂTS

Les plantes cultivées attaquées par *X. compactus* Eichh. se répartissent comme suit:

a. espèces attaquées principalement au stade adulte: le caféier (LAVABRE, 1958 et 1959) et l'avocatier (BROWN, 1954).

b. espèces attaquées en pépinière: le cacaoyer (ENTWISTLE, 1960) et différentes essences de bois (KALSHOVEN, 1958b; BROWNE, 1961a).

2.3.1. *Évolution des dégâts*

Le développement des dégâts après l'attaque par le scolyte est étudié sur *Coffea canephora* var. *robusta.*

Dans le cas où un rameau meurt, une tache noire se manifeste autour de l'orifice d'entrée quelques jours après l'établissement d'une nouvelle galerie. En même temps les feuilles commencent à se dessècher. Le noircissement se répand assez vite sur tout le rameau et simultanément toutes les feuilles se flétrissent et tombent par terre (planche 1). Il ne reste qu'un rameau mort et nu. Il faut cependant un choc mécanique pour le faire tomber. D'après NANTA (1954) les conséquences de l'attaque sont le desséchement de toute la partie du rameau au-dessus de la galerie. Selon nos observations une telle forme de dégâts se présente seulement quand il s'agit d'attaques sur des rameaux orthotropes. Dans une série de 20 rameaux morts, le temps entre le début de l'attaque et la flétrissure était $9{,}3 \pm 2{,}1$ jours (observations faites pendant un mois).

Dans le cas où un rameau ne meurt pas, il peut se trouver qu'un chancre noir allongé se développe autour de l'orifice d'entrée. Il varie en longueur de 2 à 15

cm; le largeur est assez constant et d'environ un demi centimètre. Ce phénomène est toujours accompagné de la perte de quelques feuilles (4 à 10).

Quelquefois la branche laisse tomber quelques feuilles sans aucune coloration de l'écorce (2 à 10 par branche) (planche 2). En ce cas le trou d'entrée se ferme quelques semaines après que les jeunes scolytes ont quitté la galerie. Il ne reste qu'une cicatrice sur l'écorce et la galerie de ponte vide dans la moelle.

Assez souvent les scolytes quittent le trou d'entrée sans qu'ils aient construit une galerie de ponte, la condition des tissus intérieurs était vraisemblablement impropre à la continuation de l'attaque (‚trou d'essai'). Les dégâts en ce cas sont négligeables.

Sur 167 attaques l'évolution des dégâts a été suivie en détail (sept. 1961): 124 attaques produisaient une galerie complète, 43 seulement des trous d'essai; 20 des rameaux, dans lesquels était construite une galerie complète, succombaient; 9 des autres montraient une tache noire et 39 perdaient au total 203 feuilles, donc en moyenne une perte d'environ 2 feuilles par branche vivante. Le nombre moyen de feuilles par branche est de l'ordre de 20; la diminution de surface assimilatrice peut donc être estimée à 10%.

En résumé, on peut conclure qu'à la suite de l'établissement des galeries sur *Coffea canephora* var. *robusta* 15% des branches meurent et les autres ont une perte de surface assimilatrice de 10%.

Dans la période sept./oct. 1961 un examen moins détaillé de *robusta* Inéac donnait comme résultat 588 galeries, dont 457 (77,7%) dans des rameaux verts, 57 (9,7%) dans des rameaux avec un chancre noir et 74 (12,6%) dans un rameau mort.

Il faut d'ailleurs noter qu'on peut distinguer deux classes selon la vitesse avec laquelle un rameau perd sa viabilité. Sur 312 rameaux, 242 (77,6%) succombaient tout de suite après l'établissement de la galerie et 70 subissaient une mort plus lente: 43 (13,8%) après environ 6 semaines, 12 (3,8%) après 9 semaines, 5 (1,6%) après 12 semaines et 4 (1,3%), 3 (1,0%), 3 (1,0%) après respectivement 15, 18 et 21 semaines.

2.3.2. *Distribution de l'attaque et des dégâts dans les caféiers*

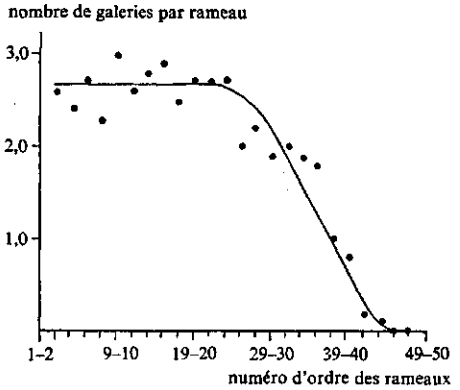
D'après BETREM (1931 c) les dégâts sont les plus sévères pour les branches les plus jeunes.

Dans une plantation de *C. canephora* var. *robusta* Inéac pendant une période de dix mois, au total 93 arbres âgés de 5 ans ont été coupés, arbitrairement distribués dans la plantation. Dans toutes les branches l'attaque du *X. compactus* Eichh. était déterminée, à savoir:

a. nombre de galeries vides et occupées.
b. nombre de trous d'essai.

Nous avons groupé les branches en couples et les avons numérotées par ordre d'âge: le couple le plus âgé (donc placé le plus bas sur le tronc) est 1–2. Dans la figure 3 le nombre de galeries vides et occupées par branche est donné pour les arbres avec 47–48 rameaux, calculé sur 13 arbres. Il s'en suit que:

FIGURE 3.
Nombre de galeries de *X. compactus* Eichh. par rameau, calculé sur 13 caféiers de *C. canephora* var. *robusta* avec 47 ou 48 rameaux; rameaux rangés par couple, le couple 1–2 étant le plus agé.



a. les toutes jeunes branches ne sont pas attaquées.
b. à partir d'un certain âge le nombre de galeries par branche est à peu près constant.

On peut donc conclure que le scolyte a une préférence pour les branches d'un certain âge. Au cas où les nouvelles attaques se distribueraient chaque année également sur toutes les branches, les branches les plus âgées devraient être les plus attaquées. Par voie de conséquence il est possible d'assembler les données obtenues sur des arbres ayant un nombre inégal de branches. La figure 4 est le résultat d'observations sur 73 arbres. La variété *robusta* Inéac paraît avoir une moyenne de 3 galeries dans les branches les plus âgées.

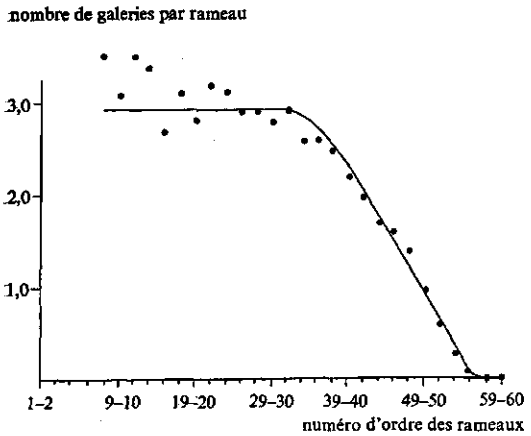


FIGURE 4.
Nombre de galeries de *X. compactus* Eichh. par rameau de *C. canephora* var. *robusta*. Données sur 73 caféiers groupées ensemble; nombre de rameaux de tous les caféiers ramené à 60.

La figure 5 fait voir le nombre de trous d'essai dans les mêmes arbres. Ici se retrouve le même phénomène, à savoir une stabilisation dans les rameaux les plus vieux, bien que celle-là soit déplacée vers des rameaux encore plus âgés.

Le nombre de rameaux dans les figures 4 et 5 est ramené à 59–60. Vu l'âge des arbres d'environ 5 ans, il est donc possible d'établir une subdivision quant à

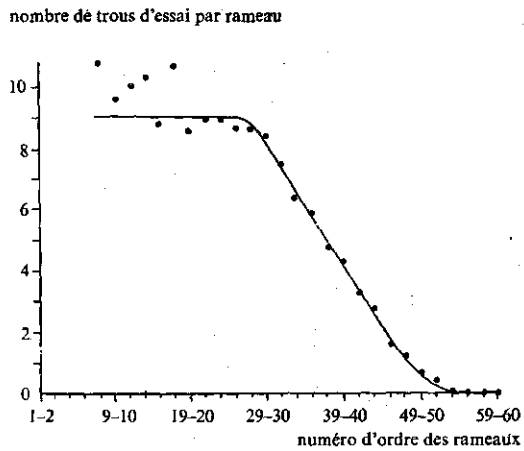


FIGURE 5.
Nombre de trous d'essai de *X. compactus* Eichh. par rameau. Données sur 73 caféiers de *C. canephora* var. *robusta* groupées ensemble; nombre de rameaux de tous les caféiers ramené à 60.

l'âge des branches, assez grossière. En acceptant un tel procédé il est visible que particulièrement les branches agées de six mois jusqu'à 2 ans sont propres à l'établissement d'une galerie de *X. compactus* Eichh.. Par contre, les trous d'essai sont encore creusés dans les rameaux âgés de 3 ans.

Afin d'établir l'effet de l'attaque sur les branches, nous avons examiné pendant une année toutes les trois semaines les nouvelles attaques dans les vingt derniers rameaux de 141 arbres de *C. canephora* Pierre (figure 6). Les dégâts sont les plus sévères pour les rameaux les plus jeunes, ensuite ils restent environ les mêmes pour tous les rameaux. Cependant, par suite d'un plus grand nombre d'attaques des rameaux plus âgés, les dégâts totaux pour ces derniers sont plus élevés: au total, 2386 branches mortes des couples 1–2 à 9–10 et 460 des couples 11–12 à 19–20 (planches 3 et 4).

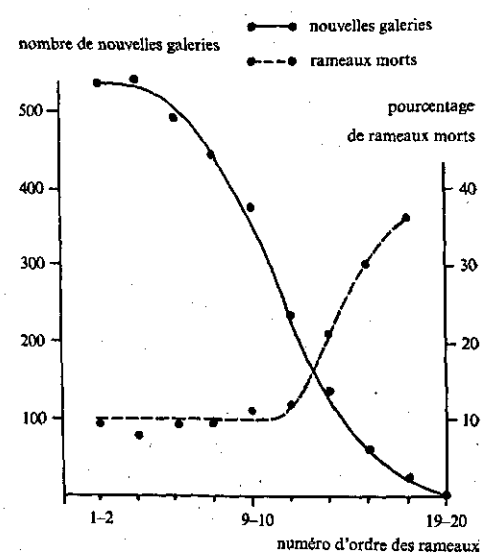


FIGURE 6.
Nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. dans les vingt derniers rameaux de 141 caféiers (variété *C. canephora* Pierre), et pourcentage de rameaux morts par suite de l'établissement d'une galerie dans ces rameaux. Rameaux rangés en couples, le couple 19–20 étant le plus jeune.

2.3.3. *Intensité d'attaque et dégâts sur différentes variétés de Coffea*

En Afrique le premier spécimen de *X. compactus* Eichh. fut trouvé sur *C. canephora* Pierre (HAGEDORN, 1913). Le même auteur, ainsi que FRAPPA (1933) cite des attaques sur *Coffea stenophylla* G. Don. La plupart des auteurs notent d'ailleurs cette dernière espèce et *Coffea liberica* Bull ex Hiern comme indemmes d'attaques du borer (CHEVALIER, 1947; COSTE, 1955; LAVABRE, 1962). Des attaques sur *Coffea arabica* L. sont notées par RITCHIE (1934) et COSTE (1955). Presque tous les auteurs indiquent *C. canephora* Pierre comme l'espèce la plus attaquée.

KONINGSBERGER et ZIMMERMANN (1901) ont trouvé la première espèce de *X. compactus* Eichh. en Indonésie sur un hybride de *C. liberica* Bull ex Hiern et *C. arabica* L.. D'après BETREM (1932 a) le *C. canephora* Pierre est, là aussi, devenu la variété préférée du scolyte.

TABLEAU 2. Nombre de nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. et de rameaux morts dans les vingt rameaux les plus jeunes de 7 variétés de *Coffea canephora* Pierre (agées de 4 ans) durant la période du 21/4/1960 au 2/5/1961.

Variété	Nombre de pieds	Nombre de nouvelles galeries	Nombre de galeries par pied	Nombre de rameaux morts	Nombre de nouvelles galeries par rameau mort	Attaque maxima par pied	Attaque minima par pied	Nombre de nouveaux rameaux	% de rameaux perdus
robusta Inéac no. 2	11	316	28,7 ± 14,9	25	12,6	60	6	329	7,6
robusta Inéac no. 7	11	360	32,7 ± 10,7	60	6,0	47	11	315	19,0
robusta Inéac B 10	12	366	30,5 ± 12,3	61	6,0	48	10	373	16,4
robusta Java	20	535	26,8 ± 14,5	25	21,4	68	11	602	4,2
robusta Congo belge	20	526	26,3 ± 22,6	11	47,8	82	0	558	2,0
canéphora Dianlé	20	235	11,8 ± 14,5	25	9,4	57	0	734	3,4
kouilou de Madagascar	14	99	7,1 ± 5,7	8	12,4	19	1	99	8,1

En Côte d'Ivoire nous avons examiné plusieurs variétés de *Coffea canephora* Pierre. Le tableau 2 donne les résultats obtenus dans la collection de différentes variétés de *Coffea* de l'I.D.E.R.T. à Adiopodoumé. L'âge des arbres était 4 ans. D'avril 1960 jusqu'a mai 1961 nous avons compté toutes les trois semaines les nouvelles galeries des 20 rameaux les plus jeunes. *Canephora* Dianlé et *kouilou* de Madagascar se montraient les moins attaqués. Le nombre de galeries par rapport au nombre de rameaux morts donne une impression de la sensibilité de la variété aux attaques du scolyte: celle-ci est haute chez les variétés *robusta* Inéac no. 7 et *robusta* B 10 et très basse chez *robusta* Congo belge. On peut en outre remarquer la très grande variabilité du nombre de galeries par pied d'une certaine variété. Ce phénomène se retrouve dans l'écart type et la différence entre le nombre maximum et minimum de galeries par pied. *Robusta* Inéac no. 7 semble le plus homogène. Enfin, une illustration des dégâts totaux est donnée par

le rapport entre le nombre de rameaux morts et le nombre de nouveaux rameaux produits dans la période correspondante.

Le pourcentage des rameaux perdus pour les variétés les plus attaquées est donc de l'ordre de 10 à 20. Les dégâts totaux annuels s'élèvent à 20–30%, si nous ajoutons une perte de surface assimilatrice de 10%.

Ces chiffres correspondent à ceux trouvés dans la littérature (KALSHOVEN, 1958b; LAVABRE, 1962). Contrairement à nos résultats, le dernier auteur constate que l'établissement d'une galerie dans un rameau entraîne dans 90% des cas la mort de ce dernier.

Dans la même collection de l'I.D.E.R.T. un certain nombre de pieds par variété (âgée de 5 ans) ont été coupés et le nombre de galeries et de trous d'essai compté par rameau. Le tableau 3 en donne le résumé.

TABLEAU 3. Nombre de galeries et de trous d'essai de *X. compactus* Eichh. dans l'ensemble de la ramure de 10 variétés de *Coffea* (agées de 5 ans).

Variété	Nombre de pieds	Nombre de rameaux par pied	Nombre de galeries par pied	Nombre de trous d'essai par pied	Nombre de trous d'essai par galerie
robusta B 10	10	54,9 ± 9,0	87,4 ± 43,6	162,7 ± 89,3	1,86
canephora Dianlé	10	71,3 ± 16,0	79,1 ± 35,8	110,9 ± 60,5	1,40
robusta Inéac no. 2	10	48,3 ± 9,6	76,3 ± 52,9	132,8 ± 113,2	1,74
robusta Inéac no. 7	10	42,6 ± 11,3	57,1 ± 32,3	117,1 ± 91,9	2,05
robusta Java	10	50,8 ± 8,9	56,2 ± 33,3	89,6 ± 55,5	1,59
robusta Congo belge	10	49,1 ± 6,5	32,8 ± 25,0	57,0 ± 51,9	1,74
kouilou de Madagascar	10	54,8 ± 11,2	21,7 ± 17,1	43,5 ± 30,2	2,00
liberica Buitenzorg	5	31,8 ± 2,9	3,6 ± 5,8	3,2 ± 3,3	0,89
Indénié B 1 (*C. abeokutae* Cramer)	10	35,4 ± 8,7	1,5 ± 2,8	1,1 ± 2,2	0,73
excelsa libonza	10	34,4 ± 5,5	0,9 ± 1,9	0,4 ± 0,9	0,44

L'intensité d'attaque exprimée en nombre de galeries par arbre du même âge fait répartir les variétés en plusieurs classes selon la préférence du scolyte. La différence entre le nombre de galeries dans *robusta* Inéac no. 7 et le nombre dans no. B 10 n'est pas significative ($0{,}10 > P > 0{,}05$); par contre la différence entre *robusta* B 10 et *robusta* Congo belge est hautement significative ($0{,}01 > P > 0{,}001$). Le nombre de galeries diffère significativement entre *kouilou* de Madagascar et *liberica* Buitenzorg ($0{,}05 > P > 0{,}02$).

Les cinq premières variétés du tableau 3 sont donc nettement préférées par *X. compactus* Eichh.; *robusta* Congo belge et *kouilou* de Madagascar sont moyennement et les trois dernières variétés très peu attaquées.

Afin d'obtenir un aperçu général du mode et de l'intensité de l'attaque par *X. compactus* Eichh. dans une jeune plantation, une nouvelle plantation de diverses variétés de *Coffea* fut créée en automne 1960. Malheureusement, plusieurs plantes ont succombé par suite de conditions climatiques défavorables, laissant en désordre le carré latin du plan originel. On ne pouvait pas faire autrement que de prendre en observation les caféiers qui s'étaient bien développés.

Les premières attaques sont trouvées sur *robusta* B 10 et *robusta* Inéac no. 7 à l'âge d'un an et demi.

Pendant une année, toutes les six semaines, les nouvelles galeries et le nombre de rameaux morts ont été comptés (tableau 4). Il paraît que pour *Coffea canephora* Pierre les données correspondent assez bien avec celles des caféiers plus

TABLEAU 4. Nombre de nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. et de rameaux morts dans l'ensemble de la ramure de 15 variétés de *Coffea* (agées de 2 ans).

Variété	Nombre d'arbres investigés	Nombre d'arbres attaqués	Nombre de galeries par arbre	Nombre de galeries maxima par arbre	Nombre de rameaux morts par arbre	Nombre de galeries par rameau mort
robusta Congo belge	10	9	74,4 ± 110,6	360	5,0 ± 5,1	14,9
robusta B 10	28	28	72,6 ± 65,2	270	12,7 ± 10,7	5,7
robusta Inéac no. 2	41	36	47,5 ± 46,3	136	7,1 ± 9,0	6,7
robusta Java	29	19	15,1 ± 36,1	195	2,3 ± 5,7	6,6
canephora Touba Man	14	7	7,6 ± 14,0	51	0,4 ± 0,8	19,0
liberica Buitenzorg	7	1	6,4 ± 17,0	45	0,4 ± 1,1	16,0
Ebobo (*C. canephora* Pierre)	48	35	5,9 ± 10,1	62	0,8 ± 1,8	7,4
kouilou simple	18	4	4,4 ± 17,6	75	0,2 ± 0,6	22,0
Indénié B 1 (*C. abeokutae* Cramer)	13	3	4,2 ± 12,9	47	0,7 ± 1,7	6,0
kouilou simple sur *robusta*	38	14	3,5 ± 8,6	39	0,5 ± 1,2	7,0
excelsa Bangui	23	6	2,8 ± 6,0	25	0,7 ± 2,2	4,0
kouilou de Madagascar	79	18	1,3 ± 3,9	25	0,2 ± 0,6	6,5
excelsa Chevalier	21	3	0,5 ± 1,5	6	0,1 ± 0,5	5,0
arabica bourbon pointu	2	0				
stenophylla Akandjé	17	0				

âgés. Les *robusta* Inéac no. 2 et B 10 sont parmi les plus attaqués. *Robusta* Congo belge, bien qu'il ait un grand nombre de galeries par pied, ne perd que quelques branches. *Coffea canephora* var. *kouilou*, *C. canephora* var. Ebobo, *C. abeokutae* var. Indénié B 1, *C. liberica* Bull ex Hiern et *C. excelsa* Chev. n'ont été que peu attaqués. Sur *stenophylla* Akandjé ni galeries ni trous d'essai n'ont été trouvés. Dans une autre plantation de *C. arabica* L. nous avons d'ailleurs constaté une attaque par *X. compactus* Eichh..

2.3.4. *Analyse des facteurs déterminant les dégâts*

À part l'*Ambrosia* on peut toujours trouver dans les galeries de *X. compactus* Eichh. d'autres champignons, souvent parasites du caféier. C'est notamment à ceux-ci qu'on attribue les dégâts causés par le scolyte. En creusant la galerie le scolyte fait des blessures dans la branche et ouvre la porte à ces champignons parasites (NEGER, 1911; BETREM, 1931a; REYDON, 1933; KALSHOVEN, 1951; MEIFFREN, 1957; BROWNE, 1961a).

En Indonésie REYDON (1933) a fait des isolements de *Colletotrichum* et *Diplodia*. Les réinfestations avec *Diplodia* ont bien réussi et REYDON attribue la responsabilité de la mort des branches principalement à ce champignon. Il a trouvé *Diplodia* d'ailleurs surtout dans les vieilles galeries.

En Côte d'Ivoire, MEIFFREN a procédé à des isolements à partir des tissus autour de la galerie qui ont donné entre autres *Colletotrichum coffeanum* Noack et *Pestalozzia coffeicola* Av. Zacca. MEIFFREN attribue les dégâts causés par le scolyte surtout à ces deux champignons; ils sont connus comme agents de l'anthracnose, une maladie de faiblesse du caféier.

Les symptômes de l'anthracnose sont les suivants (MEIFFREN, 1957): les rameaux atteints jaunissent, puis brunissent et les taches brunes s'allongent, cependant que les tissus se dépriment, puis se désagrègent en lamelles. Dans un stade ultime enfin, la tige ou le rameau noircit entièrement. Sur feuilles il se forme des taches irrégulières brunes qui s'étendent entre les nervures et deviennent coalescentes.

Les rameaux atteints par le *X. compactus* Eichh. noircissent sans jaunir ou brunir. Les feuilles se desséchent sans montrer de taches typiques. En outre, si la mort des rameaux était causée par ces parasites de faiblesse, on pourrait attendre un pourcentage de mortalité plus élevé dans les mois les moins favorables à la croissance. Les fluctuations annuelles montrent juste le contraire (4.1.2.).

L'inoculation d'une culture pure de l'*Ambrosia* aux bouts des rameaux de *C. canephora* var. *robusta* en tubes à essais produit un noircissement de ceux-ci. L'*Ambrosia* commence à former un mycélium fin, associé déjà un jour après l'inoculation à un noircissement. Les spores se développent plus tard. Sur agar le champignon forme presque uniquement des spores.

En vertu de ces données la conclusion semble justifiée que l'*Ambrosia* agit comme parasite du caféier. Mais il est très probable que son action pathogène est soutenu par d'autres champignons parasites de faiblesse après le stade initial de l'attaque propre à l'*Ambrosia*. En effet un rameau peut mourir tout de suite ou quelques semaines après l'attaque par le scolyte, et il est peu probable qu'en ce dernier cas l'*Ambrosia* joue un rôle direct. Car déjà 2 ou 3 semaines après l'établissement de la galerie la croissance de l'*Ambrosia* semble très restreinte, en tout cas sur les parois de la galerie.

L'établissement d'une galerie amène aussi un certain dommage mécanique, quoique ce dommage soit probablement d'une importance limitée. La galerie proprement dite est établie exclusivement dans la moelle et ce n'est que le couloir de pénétration (diamètre $\pm$ 1 mm) qui traverse l'écorce et le xylème, obstruant ainsi partiellement le transport des sèves. Ainsi la rigidité du rameau est réduite, bien qu'il faille encore une force assez importante pour le faire casser. Selon nos observations aux champs, les rameaux à une galerie sans chancre ne cassent pas en conditions normales. Quant au pourcentage élevé des jeunes branches mortes, il est bien possible que le dommage mécanique en soit responsable. Or, les observations faites semblent justifier la conclusion que les dégâts causés par *X. compactus* Eichh. sur caféier proviennent surtout des activités parasitaires des champignons, notamment celle de l'*Ambrosia*.

2.3.5. *Intensité d'attaque et dégâts sur d'autres plantes-hôtes*

Sur l'avocatier *X. compactus* Eichh. ne produit pas de dégâts très importants (BROWN, 1954). La pénétration du scolyte se reconnaît à la présence d'une poudre blanchâtre à la surface et autour du trou d'entrée qui en est souvent obstrué. Cette poudre ne montre au microscope aucune structure organique et passe pour être la réaction du végétal à la blessure. La réaction est typique de l'avocatier.

Les dégâts sur cacaoyer peuvent être très importants et notamment les plants en pépinière sont attaqués (ALIBERT, 1951; ENTWISTLE, 1960). D'après ENTWISTLE (1960) les dégâts sur cacaoyer sont surtout provoqués par les champignons *Botryodiplodia theobromae* Pat. et *Calonectria rigidiuscula* (Berk. et Br.) Sacc. (le stade parfait de *Fusarium decemcellulare* Brick.), tous les deux parasites de blessures. En Côte d'Ivoire ALIBERT (1951) a noté en pépinière 25% de plants attaqués. Le jeune cacaoyer atteint se dessèche par le haut et meurt en deux ou trois semaines. À Moor Plantation, en Nigéria, le pourcentage de plants attaqués s'élevait même à 84,5; 52% de tous les plants étaient morts et 28% montraient des signes graves de desséchement (ANONYME, 1959).

KALSHOVEN (1958b) a signalé des attaques de *X. compactus* Eichh. sur des plants de *Eusideroxylon zwageri* Teijsm. et Binn. et *Swietenia macrophylla* King à Bornéo et Java. Les attaques sur *E. zwageri* Teijsm. et Binn. étaient limitées aux parties du tronc d'un diamètre de 2,75–5 mm. Sur 380 plants 66% étaient attaqués. En général, l'attaque du scolyte n'amène pas la mort du plant entier: la partie distale de la tige se dessèche et un bourgeon basal se développe en une nouvelle pousse.

Le tableau 5 énumère les plantes-hôtes du *X. compactus* Eichh., signalées dans la littérature, complétées par nos propres observations. La flore de l'Afrique et celle de l'Asie étant si différentes l'une de l'autre, nous avons traité les données de ces deux continents séparément. En outre nous avons classé les plantes en deux groupes: *a.* plantes n'hébergeant que les femelles fondatrices. *b.* plantes possédant aussi le couvain.

TABLEAU 5. Plantes-hôtes de *X. compactus* Eichh.. Les chiffres figurant à la suite de plusieurs espèces se rapportent à nos propres observations et donnent resp. le nombre de galeries observées, l'effectif moyen de la descendance par galerie et la date d'observation.

ASIE Plantes hébergeant les femelles fondatrices et le couvain.

1. LAURACEAE
   1. *Cinnamomum camphora* Nees et Eberm. (SPEYER, 1923)
   2. *Cryptocarya* sp. (KALSHOVEN, 1958 b)
   3. *Eusideroxylon zwageri* Teijsm. et Binn. (KALSHOVEN, 1958 b)
   4. *Haasia* sp. (KALSHOVEN, 1958 b)
   5. *Nectandra angustifolia* Nees et Mart. (KALSHOVEN, 1958 b)
   6. *Persea americana* Mill. (SPEYER, 1923)
2. DIPTEROCARPACEAE
   1. *Shorea sumatrana* (v. Sloot.) Desch (KALSHOVEN, 1958 b)
3. TILIACEAE
   1. *Muntingia calabura* L. (KALSHOVEN, 1958 b)
4. STERCULIACEAE
   1. *Theobroma cacao* L. (KALSHOVEN, 1958 b)

5. BOMBACACEAE
   1. *Bombax ceiba* L. (*B. malabaricum* DC.) (SPEYER, 1923)
6. ERYTHROXYLACEAE
   1. *Erythroxylum novogranatense* Hieron. (HALL, VAN 1926)
7. EUPHORBIACEAE
   1. *Acalypha* sp. (KALSHOVEN, 1958 b)
8. THEACEAE
   1. *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze (GREEN, 1912)
9. CAESALPINACEAE
   1. *Cassia hirta* Willd. (ULTÉE, 1932)
   2. *C. multijuga* L. (KALSHOVEN, 1958 b)
   3. *Cassia tora* L. (ULTÉE, 1932)
10. MIMOSACEAE
   1. *Adenanthera pavonina* L. (KALSHOVEN, 1958 b)
   2. *Leucaena leucocephala* (Lam.) H.C.D. de Wit (*L. glauca* (auct. non L.) Benth.) (KALSHOVEN, 1958 b)
   3. *Prosopis* sp. (KALSHOVEN, 1958 b)
11. PAPILIONACEAE
   1. *Crotalaria* sp. (KALSHOVEN, 1958 b)
   2. *Desmodium ascendens* (Sw.) DC. var. *ascendens* (D. *ovalifolium* Guill. et Perr.) (KALSHOVEN, 1958 b)
   3. *Indigofera arrecta* Hochst. ex A. Rich. (KALSHOVEN, 1958 b)
   4. *I. suffruticosa* Mill. (KALSHOVEN, 1958 b)
   5. *Tephrosia maxima* Pers. (KALSHOVEN, 1958 b)
12. CAPRIFOLIACEAE
   1. *Sambucus javanica* Reinw. ex Blume (ULTÉE, 1932)
13. MELIACEAE
   1. *Swietenia macrophylla* King (SPEYER, 1923)
   2. *S. mahagoni* (L.) Jacq. (KALSHOVEN, 1926)
14. ORCHIDACEAE
   1. *Dendrobium phalaenopsis* Fitzg. (FRANSSEN et TIGGELOVEND, 1935)
   2. *D. veratrifolium* Lindl. (FRANSSEN et TIGGELOVEND, 1935)
   3. *Dendrobium* sp. (SPEYER, 1923)

ASIE Plantes n'hébergeant que les femelles fondatrices.

1. LAURACEAE
   1. *Cinnamomum iners* Reinw. ex Blume (KALSHOVEN, 1958 b)
   2. *C. zeylanicum* Nees (KALSHOVEN, 1958 b)
   3. *Litsea cassiaefolia* Blume (KALSHOVEN, 1958 b)
2. ANACARDIACEAE
   1. *Mangifera odorata* Griff. (KALSHOVEN, 1958 b)
3. COMPOSITAE
   1. *Eupatorium pallescens* DC. (KALSHOVEN, 1958 b)
4. BIGNONIACEAE
   1. *Spathodea campanulata* P. Beauv. (KALSHOVEN, 1958 b)
5. PALMAE
   1. *Elaeis guineensis* Jacq. (CORPORAAL, 1921; EGGERS, 1922)

AFRIQUE Plantes hébergeant les femelles fondatrices et le couvain

1. ANNONACEAE
   1. *Annona muricata* L. (obs. pers.) 1–7–sept. 1961
   2. *Artabotrys velutinus* Sc. Elliot (obs. pers.) 2–11,0–nov. 1961
   3. *Uvaria afzelii* Sc. Elliot (obs. pers.) 1–3–nov. 1961
   4. *U. chamae* P. Beauv. (DECELLE, 1962)
   5. *U. tortilis* A. Chev. ex Hutch. et Dalz. (obs. pers.) 2–4,0-oct. 1961

6. *Uvaria* sp. (obs. pers.) 3–7,0–mars 1962
7. *Uvariopsis guineensis* Keay (obs. pers.) 1–14–avril 1962
8. *Xylopia aethiopica* (Dunal) A. Rich. (obs. pers.) 2–2,0–juin 1962
9. *X. elliotii* Engl. et Diels (obs. pers.) 1–6–mai 1962
10. *Xylopia* sp. (obs. pers.) 1–11–avril 1962

2. LAURACEAE
   1. *Persea americana* Mill. (DECELLE, 1962) 9–7,6-sept. 1961 (obs. pers.)
3. MYRISTICACEAE
   1. *Pycnanthus dinklagei* Warb. (obs. pers.) 5–5,0-juill. 1962
4. PROTEACEAE
   1. *Grevillea robusta* A. Cunn. (obs. pers.) 4–3,8-déc. 1961
5. CAPPARIDACEAE
   1. *Euadenia trifoliolata* (Schum. et Thonn.) Oliv. (obs. pers.) 3–12,0-sept. 1961
6. RHIZOPHORACEAE
   1. *Anopyxis klaineana* (Pierre) Engl. (obs. pers.) 1-2-août 1962
7. GUTTIFERAE
   1. *Garcinia polyantha* Oliv. (obs. pers.) 1-3-juill. 1962
   2. *Pentadesma butyracea* Sabine (obs. pers.) 2–2,5-déc. 1961
8. TILIACEAE
   1. *Glyphaea brevis* (Spreng.) Monachino (obs. pers.) 1-3-oct. 1961
9. STERCULIACEAE
   1. *Cola heterophylla* (P. Beauv.) Schott et Endl. (errore *C. gabonensis* Most.) (DECELLE, 1962) 2-7,0-mars 1962 (obs. pers.)
   2. *Scaphopetalum amoenum* A. Chev. (obs. pers.) 1-5-déc. 1961
   3. *Theobroma cacao* L. (DECELLE, 1962) 41–14,9-nov. 1961 (obs. pers.)
10. IXONANTHACEAE
   1. *Ochtocosmus africanus* Hook. f. (obs. pers.) 5–3,0 mars 1962
11. LINACEAE
   1. *Hugonia planchonii* Hook. f. (DECELLE, 1962)
   2. *H. platysepala* Welw. ex Oliv. (obs. pers.) 7–5,7-oct. 1961; 10–18,9-avril 1962
12. EUPHORBIACEAE
   1. *Alchornea cordifolia* (Schum. et Thonn.) Müll. Arg. (DECELLE, 1962)
   2. *A. floribunda* Müll. Arg. (obs. pers.) 2–12,0-oct. 1961; 6–5,0-mars 1962
   3. *Bridelia micrantha* (Hochst.) Baill. (DECELLE, 1962)
   4. *Croton dispar* N.E.Br. (obs. pers.) 1-10-sept 1961
   5. *Drypetes ivorensis* Hutch. et Dalz. (obs. pers.) 1-10-avril 1962
   6. *D. sassandraensis* Aubrév. (obs. pers.) 7–7,9-sept. 1961
   7. *Grossera vignei* Hoyle (obs. pers.) 4–8,7-nov. 1961
   8. *Hevea brasiliensis* (Kunth.) Müll. Arg. (obs. pers.) 2–7,0-oct. 1961
   9. *Hymenocardia* sp. (obs. pers.) 1-2-oct. 1961
   10. *Maesobotrya barteri* var. *sparsiflora* (Sc. Elliot) Keay (obs. pers.) 2–2,5-sept. 1961
   11. *Mallotus oppositifolius* (Geisel.) Müll. Arg. (obs. pers.) 3–3,7-nov. 1961
   12. *M. subulatus* Müll. Arg. (obs. pers.) 10–7,4-sept. 1961
   13. *Manniophyton fulvum* Müll. Arg. (obs. pers.) 6–14,8-mai 1962
   14. *Microdesmis keayana* J. Léonard (*M. puberula* Hook. f. ex Planch.) (obs. pers.) 1-2-sept. 1961
   15. *Phyllanthus capillaris* Schum. et Thonn. (DECELLE, 1962)
   16. *P. muellerianus* (O. Kuntze) Exell. (*P. floribundus* Müll. Arg.) (DECELLE, 1962)
   17. *P. reticulatus* Poir. (obs. pers.) 9–2,3-sept. 1961
13. DICHAPETALACEAE
   1. *Dichapetalum pallidum* (Oliv.) Engl. (obs. pers.) 6–3,2-avril 1962
14. CAESALPINIACEAE
   1. *Bauhinia picta* DC. (obs. pers.) 30–12,0-déc. 1961
   2. *B. purpurea* L. (obs. pers.) 1-2-oct. 1961
   3. *B. tomentosa* L. (BROWN, 1954)

4. *Berlinia occidentalis* Keay (obs. pers.) 1-3-janv. 1962
5. *Bussea occidentalis* Hutch. (BROWNE, 1963)
6. *Cassia hirsuta* L. (obs. pers.) 6–11,3-oct. 1961
7. *C. siamea* Lam. (obs. pers.) 1-4-oct. 1961
8. *C. sieberiana* DC. (obs. pers.) 1-8-oct. 1961
9. *Didelotia unifoliolata* J. Léonard (DECELLE, 1962)

15. MIMOSACEAE
    1. *Albizia zygia* (DC.) J. F. Macbr. (BROWNE, 1963)
    2. *Leucaena leucocephala* (Lam.) H. C. D. de Wit (*L. glauca* (auct. non L.) Benth.) (obs. pers.) 2–2,0-sept. 1961
16. PAPILIONACEAE
    1. *Baphia nitida* Lodd. (obs. pers.) 3–6,7-juin 1962
    2. *Dalbergia afzeliana* G. Don (obs. pers.) 2–4,0-oct. 1961
    3. *D. oblongifolia* G. Don (obs. pers.) 3–3,0-oct. 1961
    4. *D. saxatilis* Hook. f. (obs. pers.) 3–2,3-oct. 1961
    5. *Dalbergiella welwitschii* (Bak.) Bak. f. (obs. pers.) 9–22,4-sept. 1961; 3–9,7-mars 1962
    6. *Erythrina lithosperma* Blume ex Miq. (HAGEDORN, 1912)
    7. *Milettia zechiana* Harms (obs. pers.) 8–13,0-oct. 1961
17. ULMACEAE
    1. *Trema guineensis* (Schum. et Thonn.) Ficalho (BROWNE, 1963)
18. MORACEAE
    1. *Ficus asperifolia* Miq. (BROWNE, 1963)
19. CELASTRACEAE
    1. *Hippocratea* sp. (obs. pers.) 7–6,9-déc. 1961
    2. *Salacia* sp. (obs. pers.) 4–4,3-mai 1962
20. OLACACEAE
    1. *Heisteria parvifolia* Sm. (obs. pers.) 4–10,3-avril 1962
21. RHAMNACEAE
    1. *Ventilago africana* Exell. (obs. pers.) 4–1,5-sept. 1961
22. IRVINGIACEAE (= Simaroubaceae p.p.)
    1. *Irvingia gabonensis* (Aubıy-Lecomte ex O'Rorke) Baill. (BROWN, 1954)
23. MELIACEAE
    1. *Entandrophragma utile* (Dawe et Sprague) Sprague (obs. pers.) 5–4,6-oct. 1961
    2. *Guarea cedrata* (A. Chev.) Pellegr. (obs. pers.) 2–3,0-nov. 1961
    3. *Khaya ivorensis* A. Chev. (obs. pers.) 1-2-sept. 1961
    4. *Melia azedarach* L. (HAGEDORN, 1912)
    5. *Trichilia heudelotii* Planch. ex Oliv. (obs. pers.) 5–4,4-avril 1962
24. SAPINDACEAE
    1. *Blighia sapida* Konig (BROWNE, 1963)
25. ANACARDIACEAE
    1. *Anacardium occidentale* L. (obs. pers.) 1-4-oct. 1961
26. CONNARACEAE
    1. *Agelaea pseudobliqua* Schellenb. (DECELLE, 1962)
    2. *Byrsocarpus coccineus* Schum. et Thonn. (DECELLE, 1962) 6–6,5-déc. 1961 (obs. pers.)
    3. *Manotes longiflora* Bak. (obs. pers.) 1-6-nov. 1961
    4. *Spiropetalum heterophyllum* (Bak.) Gilg (obs. pers.) 16–14,1-juill. 1962
27. SAPOTACEAE
    1. *Chrysophyllum subnudum* Bak. (obs. pers.) 1-4-nov. 1961
28. LOGANIACEAE
    1. *Strychnos usambarensis* Gilg (obs. pers.) 2–10,0-oct. 1961; 2–12,0-avril 1962
29. APOCYNACEAE
    1. *Landolphia hirsuta* (Hua) Pichon (obs. pers.) 5–2,8-sept. 1961
30. RUBIACEAE
    1. *Chassalia kolly* (Schumach.) Hepper (obs. pers.) 22–10,7-mai/juin 1962

2. *Corynanthe pachyceras* K. Schum. (obs. pers.) 3–2,3-sept. 1961
3. *Morinda morindoides* (Bak.) Milne-Redh. (obs. pers.) 2–7,0-févr. 1961
4. *Nauclea diderrichii* (De Wild. et Th. Dur.) Merrill (obs. pers.) 1-6-déc. 1961
5. *Pavetta owariensis* P. Beauv. (obs. pers.) 3–4,0-oct. 1961; 2–9,0-mars 1962

31. SOLANACEAE
    1. *Solanum torvum* Sw. (obs. pers.) 1-21-juin 1962
32. ACANTHACEAE
    1. *Adhatoda* sp. (obs. pers.) 12–10,8-avril 1962
    2. *Afromendoncia iodioides* S. Moore (DECELLE, 1962)
    3. *Lankesteria elegans* (P. Beauv.) T. Anders. (obs. pers.) 5–7,6-avril 1962
33. VERBENACEAE
    1. *Clerodendrum* sp. (BROWN, 1954)
    2. *Premna* sp. (obs. pers.) 3–10,7-mars 1962
    3. *Vitex micrantha* Gürke (obs. pers.) 1-3-déc. 1961

AFRIQUE Plantes n'hébergeant que les femelles fondatrices

1. ANNONACEAE
    1. *Neostenanthera gabonensis* (Engl. et Diels) Exell. (obs. pers.)
    2. *Uvaria anonoides* Bak. f. (obs. pers.)
2. BIXACEAE
    1. *Bixa orellana* L. (DECELLE, 1962)
3. FLACOURTIACEAE
    1. *Lindackeri dentata* (Oliv.) Gilg (obs. pers.)
4. MYRTACEAE
    1. *Psidium guajava* L. (DECELLE, 1962)
5. HYPERIACEAE
    1. *Harungana madagascariensis* Lam. ex Poir. (DECELLE, 1962)
6. TILIACEAE
    1. *Grewia carpinifolia* Juss. (DECELLE, 1962)
7. EUPHORBIACEAE
    1. *Macaranga hurifolia* Beille (DECELLE, 1962)
    2. *Tetrorchidium didymostemon* (Baill.) Pax et K. Hoffm. (obs. pers.)
8. MIMOSACEAE
    1. *Cathormion altissimum* (Hook. f.) Hutch. et Dandy (obs. pers.)
9. PAPILIONACEAE
    1. *Leptoderris* sp. (DECELLE, 1962)
    2. *Ostryderris leucobotrya* Dunn (obs. pers.)
    3. *Pterocarpus lucens* Lepr. ex Guill. et Perr. (obs. pers.)
10. MORACEAE
    1. *Ficus exasperata* Vahl (DECELLE, 1962)
11. CELASTRACEAE
    1. *Hippocratea macrophylla* Vahl (obs. pers.)
    2. *Hippocratea* sp. (obs. pers.)
    3. *Salacia cerasifera* Welw. ex Oliv. (obs. pers.)
12. SIMAROUBACEAE
    1. *Dacryodes klaineana* (Pierre) H. J. Lam (DECELLE, 1962)
13. MELIACEAE
    1. *Turraeanthus africanus* (Welw. ex C. DC.) Pellegr. (obs. pers.)
14. SAPINDACEAE
    1. *Pancovia turbinata* Radlk. (obs. pers.)
15. CONNARACEAE
    1. *Jaundea* sp. (obs. pers.)
16. SAPOTACEAE
    1. *Chrysophyllum welwitschii* Engl. (obs. pers.)

17. MYRSINACEAE
    1. *Maesa lanceolata* Forsk. (obs. pers.)
18. LOGANIACEAE
    1. *Strychnos dinklagei* Gilg (DECELLE, 1962)
19. APOCYNACEAE
    1. *Rauwolfia vomitoria* Afz. (DECELLE, 1962)
20. RUBIACEAE
    1. *Grumilea psychrotrioides* DC. (DECELLE, 1962)
21. COMPOSITAE
    1. *Aspilia africana* (Pers.) C. D. Adams (*A. latifolia* Oliv. et Hiern) (DECELLE, 1962)
22. VERBENACEAE
    1. *Clerodendrum buchholzii* Gürcke (DECELLE, 1962)
    2. *Vitex* sp. (obs. pers.)
23. FLAGELLARIACEAE
    1. *Flagellaria guineensis* Schum. (obs. pers.)
24. MARANTACEAE
    1. *Sarcophrynium* sp. (DECELLE, 1962)

Les chiffres qui suivent certaines espèces se rapportent à nos observations et donnent:
a. le nombre de galeries,
b. la descendance moyenne, c. la date d'observation.

2.4. *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. PARASITE PRIMAIRE OU SECONDAIRE DU CAFÉIER?

Quelquefois *X. compactus* Eichh. a été regardé comme un parasite de faiblesse du caféier. La pénétration de l'insecte se ferait principalement pendant la période de ralentissement végétatif ou dans des arbres en condition subnormale. D'après CHEVALIER (1931) et FRAPPA (1933) les caféiers attaqués sont principalement des plantes souffreteuses en état de moindre résistance. D'après ALIBERT (1951) les cacaoyers les plus chétifs sont le plus sujets aux attaques du scolyte. Au moment des transplantations ce sont les cacaoyers de mauvaise reprise qui sont le plus souvent atteints.

Des recherches plus approfondies cependant mènent toujours à la conclusion que *X. compactus* Eichh. préfère les caféiers en pleine vigueur. LAVABRE (1959) trouve qu'au Cameroun les populations du scolyte sont en régression pendant la saison sèche. Pour les arbres de même âge et toutes conditions égales par ailleurs, le nombre d'attaques est nettement plus élevé dans les cultures établies sur sols riches. Cependant la vigueur des arbres, leur aptitude à reformer plus rapidement de nouvelles branches, masquent le parasitisme qui dès lors, à l'observation superficielle, paraît de moindre importance. Ces données confirment les résultats des recherches faites à Java (BETREM, 1930 et 1931e): la courbe des attaques par *X. compactus* Eichh. du caféier *robusta* suit parfaitement celle des précipitations. Ajouter de l'eau aux caféiers en saison sèche augmente l'attaque.

Les attaques sur les cacaoyers sont prédominantes en saison sèche. Ici l'addition d'eau à cette époque n'augmente pas le pourcentage d'attaques (ANONY-

ME, 1959). ENTWISTLE (1960) remarque que l'attaque par *X. compactus* Eichh. en saison humide est rare et il suppose que les attaques des cacaoyers en saison sèche sont partiellement dues aux effets négatifs de la saison sèche sur d'autres plantes-hôtes de la saison humide.

Les comptages dans les plantations de caféier en Côte d'Ivoire où manquaient tous les soins culturaux, indiquaient que l'attaque par *X. compactus* Eichh. y était normalement très faible. Sur 35 arbres de *C. canephora* var. *robusta*, âgés de 5 à 6 ans, dans de telles conditions, 29 n'avaient aucune galerie vide, 5 approximativement 1 galerie vide par rameau et 1 avait 2 galeries vides par rameau.

La même situation se retrouvait dans une autre plantation, où un tiers recevait de l'engrais. Dans les parcelles en meilleure condition 10 à 20% des rameaux étaient morts à cause du scolyte. Dans les autres parcelles les attaques et les dégâts étaient négligeables.

VINCENT (1961) trouve que les caféiers plantés sur des sols déficients sont moins attaqués par le scolyte. D'après SIGWALT (1962) les branchettes choisies par le scolyte sont saines; on peut même dire qu'une branche malade est rejetée par le scolyte. Dans le chapitre traitant de la relation scolyte – plante-hôte cette question sera traitée encore plus en détail.

2.5. POSSIBILITÉS DE LUTTE CONTRE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH.

Les Scolytoidea mycétophages passent presque tout leur cycle évolutif à l'intérieur de la plante-hôte. Ils se nourrissent surtout, ou peut-être même uniquement de champignons. Les dégâts causés par ces borers sont souvent d'origine fongique. Par suite de ce caractère complexe l'efficacité d'un traitement insecticide est douteuse.

Le traitement des billes de bois tropical augmente même en certains cas le nombre d'attaques (BROWNE, 1949 et 1952). BROWNE suppose que dans le choix d'une plante-hôte, un facteur attractif joue un rôle. Ce facteur serait originaire du xylème et masqué à un certain point par l'écorce. Le traitement de l'écorce avec par exemple de la créosote ou du pentachlorophénol rendrait l'écorce plus perméable aux odeurs attractives, ce qui produirait une plus forte attaque par les scolytes mycétophages.

Un autre aspect de cette question est l'action inférieure des produits normalement connus comme insecticides efficaces. Afin d'avancer la mort des arbres, on utilise entre autres l'arsénite de sodium. Il se trouve que les scolytes peuvent supporter cet insecticide sans conséquences nuisibles (BROWNE, 1938). Cela s'explique uniquement en supposant que l'insecte n'absorbe que peu ou pas du tout les ingrédients de la plante en taraudant sa galerie.

Les exemples donnés ici expliquent les résultats souvent négatifs des traitements insecticides contre le scolyte des branches du caféier.

2.5.1. *Mesures culturales*

Les premières actions anti-scolytes avaient d'abord un caractère biologique.

AULMANN (1911) proposait de planter des arbres-pièges entre les caféiers, par exemple *Hevea brasiliensis* (Kunth.) Müll. Arg. en mauvaise condition. Après quelque temps on aurait pu couper et brûler ces arbres. HAGEDORN (1931) supposant que *X. compactus* Eichh. envahissait principalement des branches affaiblies, proposait de planter des rameaux autour des caféiers et de les brûler après qu'ils étaient attaqués. Ces idées des arbres-pièges n'ont jamais été mises en application sur une vaste échelle contre *X. compactus* Eichh..

En Indonésie et en Afrique, la lutte culturale la plus souvent appliquée consiste à couper ou arracher les rameaux ou plants mourants (CHEVALIER, 1931; FRAPPA, 1933; ALIBERT, 1951). Cependant plusieurs auteurs ont envisagé le fait que cette méthode, bien que généralement utilisée, n'a jamais prouvé sa valeur pratique (s'JACOB, 1931; BETREM et GANDRUP, 1932, VINCENT, 1961). En effet, dans les rameaux morts la plupart des galeries sont déjà abandonnées et en plus la taille de tous les rameaux attaqués aboutirait à l'élimination de branches qui ne seraient pas mortes. BETREM (1932c) estime qu'en utilisant cette méthode on enlève environ 20% de la population totale du scolyte.

2.5.2. *Lutte biologique*

L'importance des parasites de *X. compactus* Eichh. semble très variable d'un pays à l'autre. ULTÉE (1931a) a constaté qu'à Java ils sont peu notables. A Sumatra par contre des pourcentages de 20 à 80 ont été trouvés (KEUCHENIUS, 1931). Il s'agit d'une espèce de *Tetrastichus* et d'un représentant des Bethylidae (BETREM, 1932b). En Afrique, il semble que les parasites manquent tout à fait. LAVABRE (1962) constate: ‚que les parasites et les prédateurs de *X. morstatti* sont étonnamment peu nombreux et n'exercent qu'un contrôle très limité. Les maladies microbiennes ou cryptogamiques sont l'exception, quelques espèces d'acariens sont d'actifs prédateurs de larves, mais surtout dans les conditions d'élevage du laboratoire'. Parmi les parasites trouvés par LAVABRE en Afrique occidentale, il faut noter: *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. comme parasite cryptogamique, les acariens *Pyemotes ventricosas* Newp. et un *Tyrophagus* sp., l'hyménoptère *Prorops nasuta* Waters.. LAVABRE n'a pas trouvé de fourmis qui soient systématiquement des prédateurs de *X. compactus* Eichh.. L'installation des nids de fourmis dans les galeries du scolyte semble fortuite, due au fait que celles-ci y trouvent un habitat commode. Les espèces les plus fréquentes sont: *Tetraponera lepida* Wheeler, *T. ophtalmica* Emery (Pseudomyrminae) et *Crematogaster impressa* Em., *C. impressiceps* Mayr, *C. africana* Mayr, *Cataulacus lujae* Forel (Myrmicinae).

Selon nos observations en Côte d'Ivoire certaines fourmis peuvent être des prédateurs de *X. compactus* Eichh.. Pendant les essais il est arrivé que des *Oecophylla longinoda* Latr. s'installassent dans les arbres attaqués par le scolyte. Après l'invasion de ces carnivores, l'attaque par les scolytes s'arrêtait. En plus, un certain pourcentage des jeunes scolytes à la recherche d'une nouvelle plante-hôte tombe sur le sol. Il s'est révélé qu'en posant de jeunes femelles par terre, plusieurs d'entre elles devenaient la proie des fourmis. Reste la possibilité que les scolytes en vol soient pris par les oiseaux comme par exemple l'hirondelle.

2.5.3. *Lutte chimique*

Les traitements insecticides donnent souvent des résultats négatifs, quoiqu'il y ait heureusement des exceptions. Sur l'avocatier les attaques par *X. compactus* Eichh. n'ont jamais posé de problèmes graves. Un traitement individuel des branches attaquées avec de la créosote (LEVER, 1939) ou une solution d'aldrine 2,5% (BROWN, 1954) est efficace.

Les traitements intensifs des plants de cacaoyer avec aldrine et dieldrine en Nigéria ne fournissaient pas une protection satisfaisante (DONALD, 1960), le tronc d'une partie des plants était recouvert d'une couche d'urée-formaldehyde contenant 10% de dieldrine et 4% d'aldrine et même ce traitement s'avérait inefficace. Selon ENTWISTLE (1960) le scolyte entre trop vite dans le tronc et ainsi le contact avec l'insecticide n'est pas suffisant pour accumuler une dose léthale.

En Indonésie le côté inférieur des rameaux du caféier a été enduit d'une couche de graisse (ce côté étant celui par où le scolyte entre). On pourrait ainsi obtenir une protection assez satisfaisante. Cependant ce moyen de lutte n'a pas trouvé une application générale à cause des effets phytotoxiques de la graisse, et des frais importants qui accompagnent un tel traitement (BETREM, 1931b).

Des résultats assez prometteurs ont été obtenus par LAVABRE (1960) au Cameroun. Les insecticides systémiques ne montraient aucune efficacité, ce qui n'est d'ailleurs pas surprenant puisque la nourriture du scolyte est formée par l' *Ambrosia*. LAVABRE pose comme exigences pour un insecticide actif: stabilité et rémanence. Le trou d'entrée du scolyte est situé à la face inférieure du rameau, par conséquent l'épandage d'insecticide doit se faire par dessous. Dieldrine et endrine s'avéraient avoir la meilleure efficacité, mais l'auteur remarque: ‚Il faut cependant souligner que ces traitements de saison sèche (nov. déc. janv.) ne sauraient servir d'exemples puisqu'ils coïncident avec la période de rétrogradation des populations de *Xyleborus*... et que leur efficacité aurait été considérablement réduite si elles avaient été utilisées en saison des pluies, où la violence et la fréquence des averses les auraient lessivées en quelques jours'.

Parmi les traitements insecticides d'autres coléoptères mycétophages, le lindane a toujours donné les meilleurs résultats, entre autres BLETCHLY et WHITE (1962) contre *Tripodendron lineatum* Oliv. et JONES et ROBERTS (1959) contre les scolytes attaquant les bois tropicaux. PREBBLE (1960) utilisait un mélange de lindane et 5% de dibromure d'éthyle contre *T. lineatum* Oliv., le dernier tue les scolytes dans leurs galeries et le premier empêche les nouvelles attaques.

Le traitement à la dieldrine et à l'endrine en Côte d'Ivoire n'a donné aucun résultat satisfaisant. Or, le lindane (3 traitements à huit jours d'intervalle) entraine une mortalité de 50% de la population totale (VINCENT, 1961). Les résultats positifs du lindane sont peut-être dus à l'action des vapeurs de ce produit.

Comme on a vu plus haut, le rôle des champignons parasites dans les dégâts attribués au scolyte est assez important. En vertu de cette hypothèse, des traitements fongicides ou mixtes insecticide-fongicide ont été appliqués. s'JACOB (1934) traitait les caféiers par de la bouillie bordelaise sans résultats positifs. MEIFFREN et BELIN (1960) ont comparé l'effet des traitements par la dieldrine et la bouillie bordelaise mixte et simple. Ils ont procédé à 2 traitements à 3 ou 4

semaines d'intervalle. Pour le contrôle de l'expérimentation ils ont retenu le comptage des rameaux scolytés un mois après le deuxième traitement. Leurs résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous, pour chaque traitement les comptages se faisaient sur 35 arbres.

traitement	1)	2)
dieldrine	47,4	20,1
dieldrine + huile (Clavus 27)	27,8	19,0
bouillie bordelaise	31,7	31,0
dieldrine + bouillie bordelaise	21,8	22,1
témoin	53,5	30,4

[1]) nombre de rameaux scolytés.
[2]) rapport entre rameaux présentant des chancres/nombre total de rameaux scolytés.

Les deux traitements mixtes (l'huile de plantation a une certaine action fongicide) montrent une efficacité certaine. Les auteurs notent l'effet inattendu sur le nombre de chancres et ils disent: ‚nous avons vu qu'il faut abandonner tout espoir d'agir sur les champignons de l'anthracnose'. Des isolements de la ‚moniliale' (l'*Ambrosia*) des rameaux scolytés des parcelles témoins et des parcelles traitées à la bouillie bordelaise donnaient resp. 50% et 10% des cultures de ce champignon. MEIFFREN et BELIN remarquent: ‚Ce fait pourrait expliquer la réduction des dégâts bien qu'étant donné le mode de transport de la moniliale, on ne voie pas très bien comment la bouillie bordelaise peut agir'.

L'influence de la croissance de l'*Ambrosia* sur les activités biologiques de *X. compactus* Eichh. sera traitée dans le chapitre suivant. Il est possible que la bouillie bordelaise affaiblisse la croissance de ce champignon et de cette façon influe indirectement sur le nombre de scolytes. L'action de la dieldrine simple dans ces expérimentations est difficile à expliquer, vu les résultats des traitements dieldrine-mixtes, qui suggèrent une action scolyticide. Or, la dieldrine agit sur le scolyte même ce qui produit un ralentissement de ses activités et empêche ainsi l'établissement de l'*Ambrosia* et par suite réduit la proportion de chancres.

3. BIOLOGIE DE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH.

Dans le présent chapitre la biologie de *X. compactus* Eichh. sera traitée en détail et plus spécialement la durée du cycle évolutif, le nombre de descendants par femelle, la sortie des jeunes femelles de la galerie-mère, ainsi que quelques facteurs influençant ces différents phénomènes.

3.1. MÉTHODES

Afin de disposer de jeunes femelles en quantités suffisantes, des fragments de rameaux ayant de galeries de *X. compactus* Eichh. sont mis dans une caisse de capture (modèle TICHELER, 1961): à savoir une boîte munie d'une ouverture d'un diamètre de 2 cm, fermée par un tube à essais. Les jeunes femelles qui viennent de sortir de la galerie-mère manifestent une phototaxie positive et sont en conséquence attirées par la lumière; on peut les recueillir dans les tubes à essais.

Dans les premiers essais d'élevages en laboratoire un rameau et une ou deux femelles étaient placés dans un tube de verre fermé par un bouchon de coton. Dans de tels essais l'attaque des rameaux par le scolyte était très réduite (140 ♀♀ construisaient au total 2 galeries). On peut obtenir des résultats satisfaisants en donnant aux femelles une plus grande possibilité de choix. On place dix rameaux fixés par des bouchons de plastique dans une boîte de 3 × 23 × 33 cm; le bout coupé est attaché à un tuyau de plastique rempli d'eau. La boîte est couverte d'une vitre et au moyen de tubes fluorescents, l'intensité de la lumière est maintenue à environ 3000 lux (figure 7). Le nombre de jeunes femelles normale-

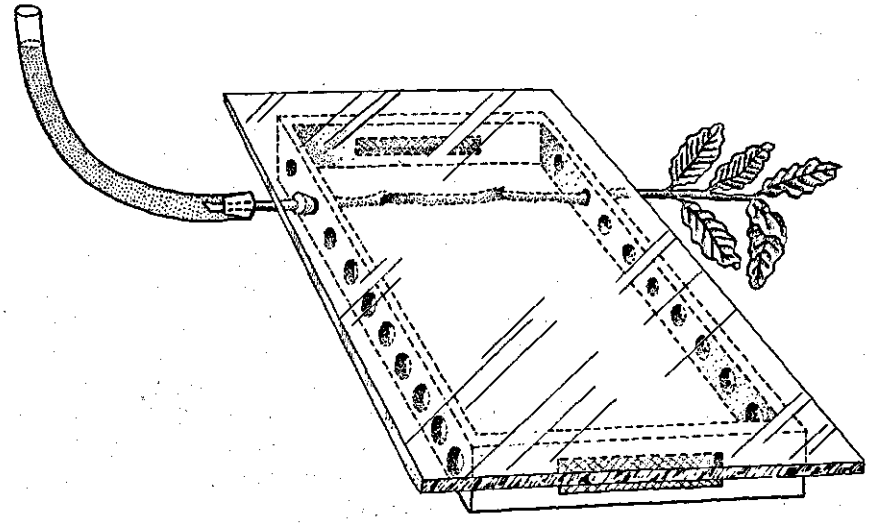


FIGURE 7. Boîte à élevage de *X. compactus* Eichh..

ment mis dans ces boîtes est 40. Dans de telles conditions, environ 30% des scolytes taraudent une galerie.

Le desséchement des rameaux mis dans les boîtes est établi comme suit: des rameaux frais sont coupés en dix parties égales et la teneur en eau de ces segments est mesurée par desséchement à l'étuve à 105°C, et exprimée en pourcentage du poids frais. La moyenne des mensurations pour dix rameaux frais est donnée dans la figure 8. On voit que la teneur en eau augmente assez régulièrement depuis la base jusqu'au bout du rameau. Si l'on connait la teneur en eau des parties basales il est possible de donner une estimation grossière de cette teneur pour la partie apicale.

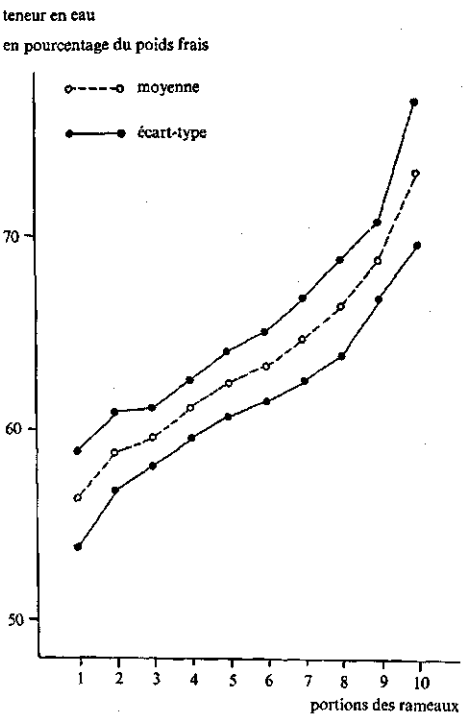


FIGURE 8.
Distribution de la teneur en eau dans les rameaux de *C. canephora* var. *robusta*. Moyenne des mensuration de dix rameaux, 1 étant la partie basale, 10 la partie apicale.

Vingt rameaux sont placés en boîtes à élevage après en avoir prélevé une longueur de trois dixièmes à partir de la base, pour mesurer la teneur en eau. Sur dix rameaux toutes les feuilles sont coupées et les autres gardent 6 feuilles par rameau. Après 5 jours la teneur en eau des segments 6, 7 et 8 est mesurée. Il s'avère que la teneur en eau des rameaux sans feuilles est de 2,9% plus basse qu'on pourrait s'y attendre (65,9→63,0); sur les rameaux avec feuilles, l'abaissement est de 4% (65,7→61,7). En outre, 27 rameaux sont laissés pendant quinze jours dans les boîtes et 26 d'entre eux forment de nouvelles feuilles, ce qui fait présumer qu'ils sont encore en bon état végétatif.

Le tableau 6 donne les résultats pour un nombre varié de scolytes dans les

TABLEAU 6. Attaques des rameaux de *C. canephora* var. *robusta* par différents nombres de femelles de *X. compactus* Eichh. en boîtes à élévage.

Nombre de femelles	Pourcentage de galeries	Pourcentage de trous d'essai
20	29,3 ± 6,7	31,0 ± 16,0
30	23,8 ± 8,9	26,2 ± 14,6
40	31,7 ± 6,6	28,9 ± 13,8
50	13,9 ± 3,1	22,5 ± 8,5

boîtes. Respectivement 20, 30, 40 ou 50 femelles sont placées dans une boîte, et l'on détermine le pourcentage de celles qui creusent une galerie ou un trou d'essai. Chaque essai est repété trois fois.

L'augmentation du nombre de scolytes de 20 à 40 n'entraine pas une différence significative de l'attaque ($P>0,10$). Par contre la différence entre 40 et 50 ♀♀ est nettement significative ($0,01>P>0,001$). En conséquence, 40 scolytes par boîte est préférable, cette quantité donnant le plus grand nombre de galeries en valeur absolue.

Pour disposer de galeries d'un certain âge, on marque avec de la peinture blanche en champs les nouvelles attaques le jour où elles apparaissent. Ainsi des galeries de différents âges peuvent être ouvertes pour suivre le développement du cycle évolutif.

3.2. CONSTRUCTION DE LA GALERIE ET ENSEMENCEMENT DE L'*AMBROSIA*

3.2.1. *Formation de la galerie*

Chez *X. compactus* Eichh. la femelle seule est responsable de la construction de la galerie. Chez les Platypodidae c'est souvent le mâle qui commence la galerie, et celle-ci est terminée par la femelle. Le trou d'entrée est à peu près toujours situé à la surface inférieure du rameau, c'est-à-dire à la surface la moins éclairée. Ce caractère se retrouve aussi dans les élevages en laboratoire. Si l'on tourne la boîte complètement pour qu'elle soit éclairée à la face inférieure, les trous d'entrée sont creusés sur la face supérieure. En taraudant la galerie, la femelle fait un mouvement de ‚circumrotation' et pousse la sciure vers l'extérieur. D'après LAVABRE (1962) le scolyte est capable de creuser un couloir de la longueur de son corps en trois ou quatre heures, ce qui concorde avec nos observations, bien que ce temps n'ait été parfois que de deux heures.

Nous avons déjà observé un grand nombre de trous d'essai à côté des galeries achevées. Pour une cause quelconque la femelle suspend ses activités de taraudage et la galerie reste inachevée. La profondeur moyenne de 153 trous d'essai était de $1,56 \pm 0,32$ mm; 137 pénétraient le rameau jusqu'au bois, et 16 jusqu'à la moelle (figure 9). On voit donc que la plupart (89,5%) des trous d'essai n'arrive pas à la moelle, tissu où est construit la galerie de ponte. En général, on trouve plus de trous d'essai que de galeries. Il est possible qu'il s'agisse ici d'une nutrition nécessaire à la maturation sexuelle et que l'insecte fasse d'abord quelques taraudages avant de construire la galerie. En ce cas il doit être possible de

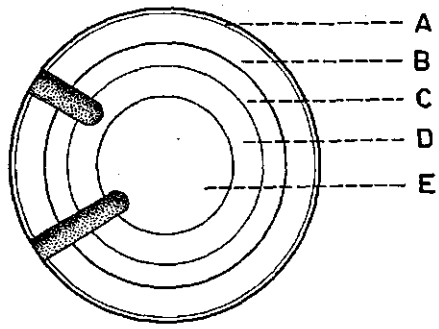


FIGURE 9.
Schéma de la section transversale d'un rameau de *Coffea* montrant les deux formes de trous d'essai. A. épiderme; B. parenchyme cortical; C. liber; D. xylème; E. moelle.

trouver dans les boîtes à élevage plus de trous d'essai et de galeries que le nombre de scolytes qu'on y met. Aucun de nos élevages n'a jamais montré un tel phénomène. Par ailleurs, nous avons mis 45 femelles séparément dans des petites boîtes munies de deux rameaux de caféier; 24 de ces femelles creusaient au total 12 galeries et 12 trous d'essai, c'est-à-dire soit un trou d'essai soit une galerie par femelle, et jamais l'un et l'autre. Ces données amènent à conclure qu' une femelle construit ou bien une galerie ou bien seulement un trou d'essai. Dans ce dernier cas, pour une cause quelconque, le taraudage s'arrête et la femelle meurt après quelques jours, au moins en laboratoire. Dans le chapitre traitant la relation insecte – plante-hôte la raison de cet arrêt sera considérée à nouveau.

Quand le trou d'essai est prolongé, celui-ci entre perpendiculairement jusqu'à la moelle et arrive jusqu'au bois de l'autre côté. Dans la moelle, la femelle creuse normalement sa galerie dans un plan transversal du rameau, selon un demi-anneau juste en dessous du bois (figure 10). À partir de cet anneau la construction est complétée par forage de la moelle dans les deux directions longitudinales. La longueur de la galerie peut varier de 1 à 28 mm. (planche 5).

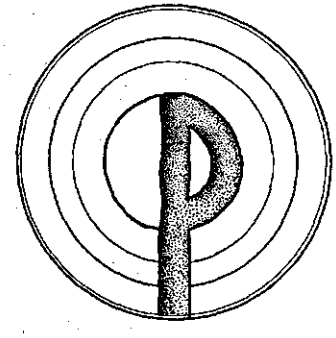


FIGURE 10.
Schéma de la section transversale d'un rameau de *Coffea* montrant le stade initial dans la construction d'une galerie de *X. compactus* Eichh. (idem figure 9)

3.2.2. *Durée de la construction de la galerie et de l'installation de l'Ambrosia*

D'après LAVABRE (1962) la durée de la construction peut s'étendre sur une période de sept jours. Observant l'activité de la femelle par l'expulsion de la sciure, on ne voit pas de différence entre l'activité diurne et l'activité nocturne.

LAVABRE trouve une première période d'activité continue d'une trentaine d'heures; à ce moment l'activité s'arrête ou se ralentit sensiblement. Dans le premier cas, il y a un repos complet de 20 à 22 heures après quoi l'activité reprend; si l'activité n'est que ralentie, le taraudage de la galerie est continué sans interruption. Au cas où la femelle construit une galerie complète, nous avons toujours observé un repos complet. Pour huit galeries achevées, l'activité initiale moyenne était de $15 \pm 5{,}1$ heures, l'arrêt durait de $32{,}4 \pm 10{,}8$ heures et la deuxième période d'activité s'étendait à $79{,}8 \pm 46{,}1$ heures, minimum 5, maximum 137 h.. La durée maxima de la construction était 183 heures.

Nous avons essayé de reproduire ces données en ouvrant des galeries de différents âges, donc à différents stades de construction. Le premier jour (J1) on trouve que sur dix rameaux, six ont un couloir de pénétration qui a percé la moelle jusqu'au bois de l'autre côté; dans les quatre autres le demi-anneau est partiellement formé. Dans huit de ces galeries les premières traces d'*Ambrosia* sont déjà visibles, sous forme d'un revêtement blanc sur les parois. Sur dix galeries, agées de 2 jours (J2): cinq ont un couloir jusqu'au bois; dans deux l'anneau est formé; dans trois autres on voit une galerie de deux à quatre mm dans la moelle; sept galeries présentent de l'*Ambrosia*. Le J 3, deux femelles ont construit le demi-anneau et huit ont déjà creusé une galérie dans le sens longitudinal de la moelle; la longueur de ces galeries est respectivement: 2,2, 3, 4, 6, 7, 9 et 10 mm; dans toutes les galeries se trouve de l'*Ambrosia*.

On voit donc que, surtout à partir du J 2, la femelle commence à creuser la galerie de ponte. Les conditions en J 1 et J 2 sont presque semblables. Le repos que nous avons noté se présente donc environ au stade où la femelle a percé la moelle jusqu'au bois. L'*Ambrosia* se développe très vite dans les galeries, et il semble que la femelle, après une première pénétration doit se nourrir du champignon avant de continuer la construction de la galerie. On pourrait donc expliquer ce repos comme une attente de la croissance de l'*Ambrosia*.

La ponte commence en J 2, quand l'*Ambrosia* s'est installé. Quelquefois l'établissement de l'*Ambrosia* ne se fait pas et dans ce cas la ponte n'a pas lieu. Or, non seulement la construction de la galerie mais aussi le stade réproductif dépendent de la croissance du champignon. Chez *Doliopygus dubius* (Samps.) les premiers oeufs sont normalement pondus treize jours après le début de la construction de la galerie et la présence de l'*Ambrosia* devient évidente entre J 7 et J 10 (BROWNE, 1961 c). D'après BAKER (1963), chez *Platypus cylindricus* Fab., les premiers oeufs sont aussi pondus environ au stade où on voit les premières traces de l'*Ambrosia* dans la galerie. On peut supposer qu'il s'agit dans ces cas d'un même phénomène que chez *X. compactus* Eichh.. BROWNE (1961 b) a noté chez *Trachyostus ghanaensis* Schedl une période d'inactivité pendant laquelle la femelle attend la croissance de l'*Ambrosia*. ROBERTS (1961 a) a trouvé que les ovarioles ne s'enlargissaient sensiblement qu'après la femelle avait mangé de l'*Ambrosia* dans la nouvelle galerie.

3.3. Cycle évolutif du scolyte

3.3.1. *Durée des diffférents stades*

Durant une période de deux mois (septembre-octobre 1961) la durée du cycle évolutif a été établie en ouvrant vingt galeries d'un âge connu quotidiennement de J 6 jusqu'en J 30 (à l'exception de J 20), et tous les deux jours de J 30 jusqu'en J 40. Ces galeries ont été prélevées dans la plantation de l'I.D.E.R.T. sur *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac. Dans la figure 11 nous avons indiqué pour chaque jour le total des différents stades trouvés dans les vingt galeries prélevées.

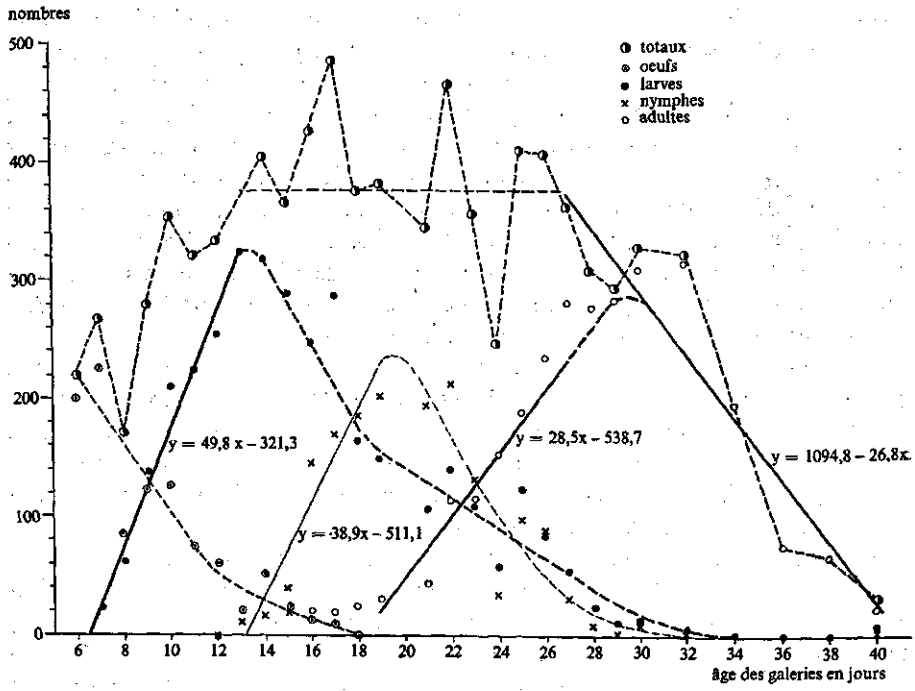
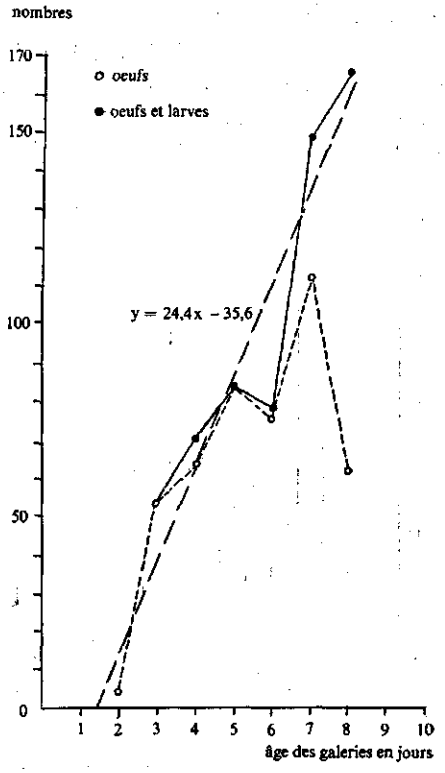


Figure 11. Stades évolutifs de *X. compactus* Eichh. dans des galeries de différents âges; 20 galeries par jour ont été ouvertes.

Il apparait d'après cette figure que les données des stades larvaires et nymphaux s'approchent d'une ligne droite pendant les premiers jours de présence de ces stades dans les galeries. Nous avons ainsi calculé la droite de régression pour ces données. On trouve les premières larves à partir de J 7, les premières nymphes en J 13 et les premiers adultes en J 18.

Une deuxième série d'observations a eu pour but de suivre la ponte de J 1 jusqu'en J 8; 10 galeries par jour sont ouvertes. La figure 12 en donne les résultats. Dès J 2 on trouve des oeufs dans les galeries. Les premières larves se trouvent dans les galeries en J 7. La durée du développement embryonnaire est donc environ de 5 jours. En transposant la droite de régression de la figure 12 sur le

FIGURE 12.
Nombre d'oeufs et de larves de *X. compactus* Eichh. trouvés dans les galeries agées de 2 à 8 jours; 10 galeries par jour ont été ouvertes.



double d'observations, pour permettre une comparaison des données de la figure 11, on obtient l'équation Y = 48,9 X–71,6. Pour l'apparition des larves on a Y = 49,8 X – 321,3. La pente de ces deux droites de régression est donc presque pareille. Or, la durée du développement embryonnaire est très constante.

Les derniers oeufs sont trouvés en J 17, et l'incubation dure 5 jours, donc le dernier jour de ponte doit être J 12. À partir du stade nymphal on peut calculer la droite de régression pour les sept premiers jours ($r = 0{,}962$, $P<0{,}001$). Les premières nymphes apparaissent en J 13, la durée minima du stade larvaire est de 6,5 jours. La différence de pente des deux droites de régression indique une certaine variabilité du développement des larves. Les derniers oeufs se trouvent en J 17, en J 40 on trouve encore des larves; en conséquence, la durée maxima du stade larvaire est au moins de 23 jours.

L'équation de la droite de régression pour les jeunes adultes est: Y = 28,5 X – 538,7 ($r = 0{,}969$, $P<0{,}001$). Il doit donc aussi exister une certaine variabilité dans la durée du stade nymphal, la durée minima est de 6 jours, la durée maxima peut être estimée à 8 jours.

La courbe représentant l'ensemble de tous les stades montre un abaissement définitif en dessous du niveau normal, à partir de J 27. La mélanisation des intéguments et la maturation sexuelle des femelles s'étend donc sur une période d'environ 7 jours.

3.3.2. *Stade larvaire*

On a obtenu plus d'informations du stade larvaire en mesurant les capsules céphaliques. Les larves ont été conservées à l'alcool à 70%; on a mesuré sous la loupe binoculaire la distance entre les bords de la partie la plus large des capsules céphaliques vues d'en haut. La figure 13 représente les données four-

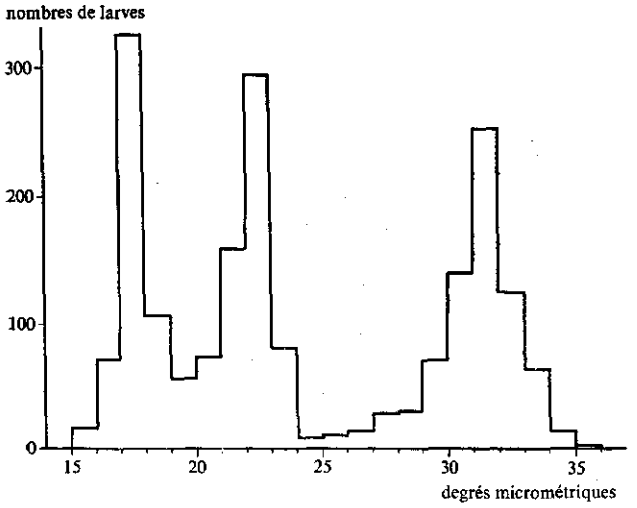


FIGURE 13.
Mensurations des capsules céphaliques de 1920 larves de *X. compactus* Eichh., trouvées dans les galeries agées de 7 à 16 jours.

nies par les larves de J 7 jusqu'en J 16. On peut distinguer trois maxima nets à 18, 23 et 32 divisions micrométriques, correspondant aux largeurs: 0,22; 0,28 et 0,39 mm; on peut donc distinguer trois stades larvaires. Sur les larves trouvées dans les galeries de J 7 en J 16 nous avons établi une distinction réelle en L 1, L 2 et L 3. Les chiffres ainsi obtenus se retrouvent dans la figure 14. On peut en conclure que la durée minima du stade L 1 est de 0,75 jour; celle de L 2 est de 1,75 jour, et celle de L 3, 4 jours. Parfois les galeries ne contiennent qu'une descendance mâle et ainsi on peut disposer de larves incontestablement mâles. Les mensurations des capsules céphaliques de ces larves (figure 15) montrent des maxima à 17, 20 et 24/25 divisions micrométriques. Ainsi les larves mâles peuvent-elles aussi être reparties en trois stades différents.

Si nous faisons figurer les mensurations des capsules céphaliques de J 17 jusqu'en J 40 au graphique (figure 16), la forme de celui-ci ne parait avoir aucune ressemblance avec celle de la figure 13. Au lieu des deux maxima à 18 et 23, il n'y en a qu'un à 20/21 et le maximum de 32 n'est plus très évident. Nous avons déjà remarqué que le développement des larves peut être ralenti, et ce phénomène apparait ici comme une diminution de largeur des capsules céphaliques. Celles de L 2 se rapprochent de celles de L 1, et les largeurs de L 3 sont plus étalées.

La nourriture des larves joue un rôle dans ce phénomène. Puisque les larves se nourrissent de champignon *Ambrosia*, une croissance suffisante de celui-ci est

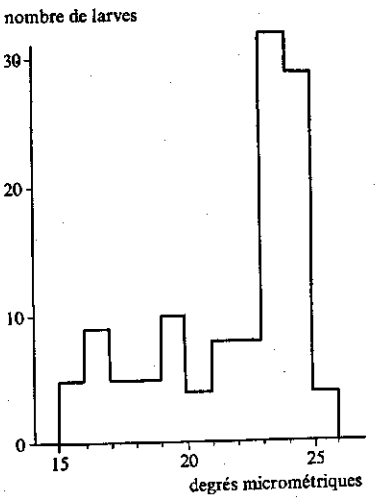


FIGURE 15.
Mensurations des capsules céphaliques de 118 larves mâles de *X. compactus* Eichh..

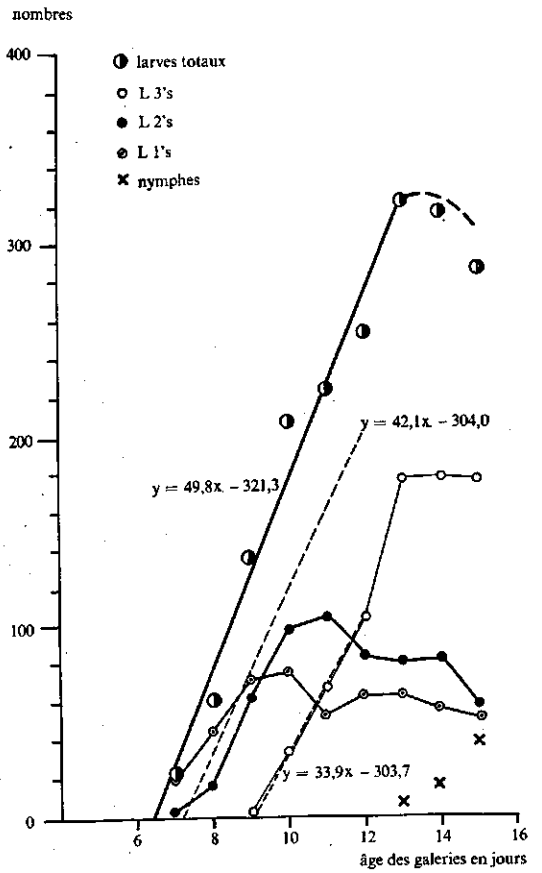


FIGURE 14.
Stades larvaires de *X. compactus* Eichh. dans des galeries de différents âges.

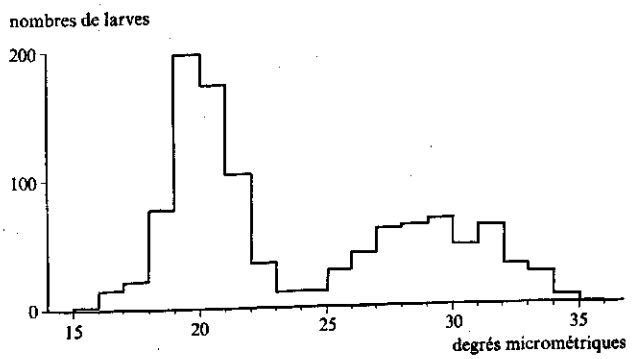


FIGURE 16.
Mensurations des capsules céphaliques de 1081 larves de *X. compactus* Eichh., trouvées dans les galeries agées de 17 à 40 jours.

indispensable à un développement régulier des larves. L'*Ambrosia* tapisse les parois de la galerie sous forme d'une couche blanchâtre d'environ un demi millimètre d'épaisseur, au moins dans les jeunes galeries. Pendant que l'*Ambrosia* disparaît, au fur et à mesure qu'il est consommé par les larves, les parois de la

galerie prennent un aspect noirâtre. On peut constater qu'il manque déjà en J 17 dans 40% des galeries, et ce pourcentage augmente régulièrement jusqu'a 100 en J 25. Ainsi le retard du développement des larves est-il expliqué par une nourriture déficiente.

3.3.3. *Nombre de descendants*

La ponte est terminée en J 13; en J 28 les premières femelles quittent la galerie-mère. La population dans les galeries est donc stable de J 13 jusqu'en J 27. La population totale de vingt galeries ouvertes dans cette période de 14 jours (J 20 manque) est de 384,7 ± 51,5 par jour.

La droite de régression pour la sortie des femelles est représentée par l'équation $Y = 1094{,}8 - 26{,}8\ X$. La durée moyenne de tout le cycle vital s'étend environ jusqu'au point où cette droite arrive au niveau de 50% de la population totale, soit 34 jours. La durée maxima est 40 jours, la durée minima 27 jours.

Si nous tenons compte des femelles fondatrices, le nombre moyen de descendants par femelle est de $(384{,}7 - 20)/20 = 18{,}2$. La figure 17 donne les variations et la fréquence du nombre de descendants par femelle de J 13 en J 27. Le nombre le plus fréquent de descentants par femelle est de cinq à six.

La figure 18 indique le rapport entre le nombre de descendants et le volume de la galerie. Ce rapport est linéaire et le coefficient de corrélation pour ces 31 ob-

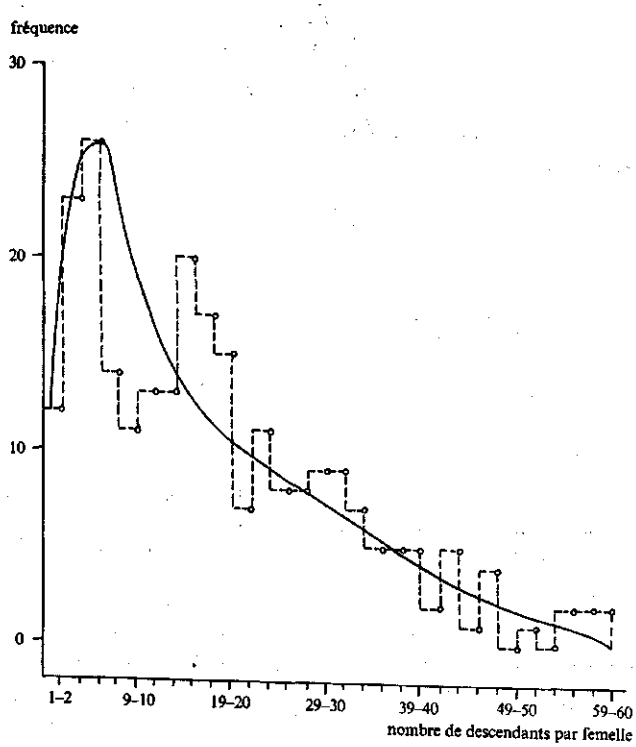
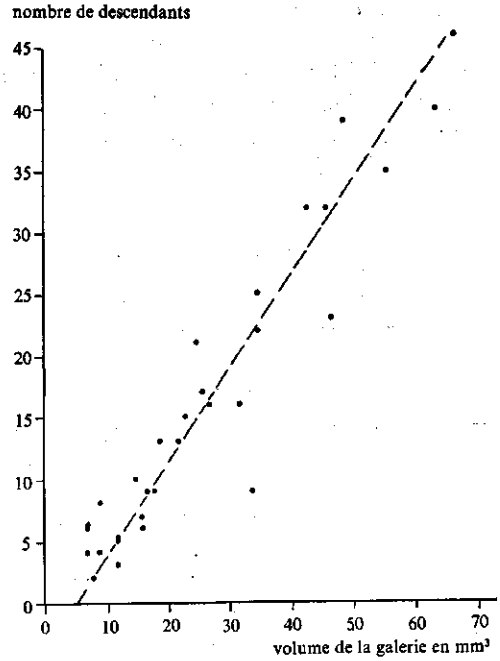


FIGURE 17.
Variation et fréquence du nombre de descendants par femelle de *X. compactus* Eichh.. Chiffres obtenus en étudiant la descendance de 280 femelles.

FIGURE 18.
Rapport entre le nombre de descendants par femelle et le volume de la galerie construite.



servations est de 0,952 ($P<0,001$). Ce phénomène peut s'expliquer de deux façons (BRADER, 1962):

a. la femelle prolonge sa galerie en proportion de sa capacité de réproduction

b. la qualité des tissus dans lesquels la femelle creuse sa galerie détermine le volume de celle-ci et en conséquence le nombre des oeufs pondus.

En étudiant 52 rameaux contenant plus d'une galerie de même âge, nous avons pu établir laquelle de ces deux possibilités est la plus probable. Si la condition *a.* était la plus importante, la variance du nombre de descendants trouvé dans le même rameau ne différerait pas significativement de la variance du nombre trouvé dans des rameaux différents. L'application du test du rapport des variances de Fischer sur nos données, donne $F = 14,22$, ce qui veut dire que la variance dans un rameau diffère significativement de celle de différents rameaux. Cette différence est hautement significative ($P<0,001$). On peut donc en conclure que les tissus dans lesquels la galerie est établie déterminent le volume de celle-ci.

La femelle ne continue le taraudage de la galerie qu'après que l'*Ambrosia* a commencé à se développer sur les parois. Il est probable que l'influence du rameau sur la productivité de la femelle agit par l'intermédiaire de l'*Ambrosia*. Le champignon fournit d'abord la nourriture pour la femelle, puis la substance alimentaire des larves. Une croissance abondante du champignon augmenterait donc la productivité de la femelle, mais assurerait en même temps des conditions optima pour le développement des larves.

On peut confirmer cette hypothèse en enlevant des jeunes galeries la descendance et en suivant la ponte dans les jours suivants. Nous avons appliqué cette méthode à 18 galeries et tous les jours nous avons enlevé les oeufs nouvellement produits. Dans 14 galeries la ponte était laissée et notée. Les résultats sont donnés en pourcentage du nombre de femelles pondant encore après ouverture de la galerie (tableau 7).

TABLEAU 7. Pourcentage de galeries contenant des femelles-fondatrices qui pondent. Les galeries ont été ouvertes, et leur contenu dénombré à intervalles réguliers, soit en y laissant la progéniture, soit en la retirant.

	Nombre de galeries	Jours après le début de l'expérience													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Progéniture enlevée	18	100	100	100	100	94	94	89	67	33	22	17	11	11	0
Progéniture laissée	14	86	71	64	57	50	14	7	0						

Les femelles restent donc actives durant une période plus grande quand leur progéniture est enlevée. Ce phénomène peut avoir deux causes:
a. l'*Ambrosia* n'étant pas consommé par les larves est plus abondant, et on pourrait supposer que cette abondance est le facteur stimulant. La plus grande activité des femelles est aussi exprimée par le nombre total de descendants par femelle: dans notre essai resp. 24,8 et 16,8.
b. il est aussi possible que l'occupation de la galerie par la progéniture non enlevée entraine une inhibition de la ponte.

Il a déjà été remarqué que la construction de la galerie peut s'étendre sur une période de sept jours. La ponte commence déjà en J 2, de sorte que, durant une certaine période, le taraudage et la ponte ont lieu simultanément.

3.3.4. *Répartition des sexes*

X. compactus Eichh. est un insecte polygame; dans les galeries de J 13 jusqu'en J 27 se trouve en moyenne 1 mâle pour 7 femelles (313 ♂♂ / 2198 ♀♀). Ce rapport varie beaucoup entre les extrêmes de 1/1 et 1/25 et il a la tendance à être plus petit quand le nombre de descendants augmente (tableau 8).

Nous avons essayé de déterminer si le rapport mâles/femelles a une influence sur l'activité réproductrice des jeunes femelles. D'après REID (1962), chez *Dendroctonus monticolae* Hopk., ce rapport n'influence pas le nombre total des oeufs pondus. Dans quelques galeries nous avons remplacé toute la descendance par des nymphes mâles et femelles en proportion de 8 ♂♂ / 7♀♀, 5 ♂♂ / 10 ♀♀ 2 ♂♂ / 13 ♀♀, 1 ♂ / 14 ♀♀ et seulement des nymphes femelles. Les femelles sortant de ces galeries sont mis dans des boîtes à élevage, mais le nombre total de galeries faites par ces femelles était trop petit pour tirer des conclusions définitives. 2 ♂♂ / 13 ♀♀ donnait dans cet essai les meilleurs résultats; 20,8% des femelles construisaient une galerie.

TABLEAU 8. Répartition des sexes dans les galeries de *X. compactus* Eichh. ayant un nombre différent de descendants par femelle.

Nombre de descendants par femelle	Nombre de galeries observées	Rapport ♂♂ / ♀♀	Galeries sans ♂♂
1– 5	47	1/ 2,2	16
6–10	28	1/ 3,3	5
11–15	30	1/ 6,2	3
16–20	37	1/ 6,6	2
21–25	20	1/ 7,6	0
26–30	17	1/ 8,2	2
31–35	17	1/ 8,4	3
36–40	7	1/12,9	2
41–50	12	1/ 9,3	1
51–60	4	1/19,3	1

3.3.5. *Parthénogénèse*

Parmi les femelles sortant des galeries sans mâles, 7,2% construisait une galerie, et en ce cas toute la progéniture était mâle. La capacité de réproduction de telles femelles semble normale: sur 6 femelles le nombre de descendants était resp. 22, 16, 12, 65, 55 et 10. Dans une série de comptages dans la plantation, nous avons trouvé quelques galeries ne contenant que des mâles (7 sur 176 galeries en mai-juin 1960). Vu les résultats en laboratoire, on peut conclure qu'il s'agit ici d'une parthénogénèse arrhénotoque (BRADER, 1962). ENTWISTLE (1963 a) également isolait des femelles au stade nymphal et il trouvait aussi que leur progéniture était mâle. Mais il n'a jamais trouvé de telles galeries dans la plantation, ce dont il donne deux explications: ou bien sans copulation les femelles ne parviennent que difficilement à construire une galerie ou bien elles copulent ailleurs. Nous avons pu constater que le nombre de femelles sortant des galeries sans mâles est assez réduit: sur 2198 femelles, 7,2%. Au surplus, elles se montrent moins capable de construire une nouvelle galerie que les femelles sortant des galeries contenant aussi des mâles (environ 1 à 3). De toutes les femelles qui construisent une nouvelle galerie 2 à 3% sera donc vierges, et la chance de trouver une galerie ayant une descendance uniquement mâle est donc très petite. Le fait qu'ENTWISTLE n'a pas trouvé de telles galeries est peut-être dû au nombre de galeries étudiées. En ouvrant 43 galeries de *X. compactus* Eichh. sur cacaoyer nous en avons trouvé une ayant une descendance mâle (9 spécimens). Sur *Bauhinia picta* DC. nous avons rencontré une galerie contenant 32 mâles.

LAVABRE (1962) croit aussi à une parthénogénèse arrhénotoque chez *X. compactus* Eichh. et il suppose que cette parthénogénèse est accidentelle. Par contre ENTWISTLE suppose que tous les mâles se forment parthénogénétiquement et qu'ils sont haploides.

REID (1962) a observé que les femelles vierges du scolyte de l'écorce, *Dendroctonus monticolae* Hopk. pondent normalement mais que les oeufs n'éclosent pas.

Les données ci-dessus démontrent la parthénogénèse chez les Scolytidae qui a été souvent proposée mais jamais prouvée (WICHMANN, 1954; BROWNE, 1961a).

Il reste à remarquer que déjà en 1898 ZEHNTNER a observé que chez *Xyleborus perforans* Woll., le scolyte de la canne à sucre, les femelles vierges, obtenues par isolement des nymphes, construisaient une galerie et pondaient des oeufs, d'où sortaient des larves. Le sexe des descendants n'a d'ailleurs pas été observé. Malheureusement ces données n'ont jamais été prises en considération dans une discussion du problème de la parthénogénèse chez les Scolytidae.

TABLEAU 9. Données du cycle évolutif de *X. compactus* Eichh..

	Observations personnelles	LAVABRE 1958, 1959, 1962	Autres auteurs [1])
Préparation de la galerie en jours	5 (3–7)	6–10	
Préoviposition en jours	1,4		4–9 (Be)
Incubation en jours	5	4 (3–6)	7 (Be), 2–3 (So)
Période larvaire en jours	6,5–23	9–18	7 (Be), 14 (So)
Stade nymphal en jours	6–8	5–9	6–7 (Be), 3–7 (So)
Cycle complet en jours	34 (27–40)	31 (25–43)	
Nombre de descendants par femelle	1–60	1–54	30–50 (Ma), 30–50 (Ch) 5–54 (Gr)
Descendance moyenne par femelle	18,2		
Descendance prédominante par femelle	5–6	20–30	10 (Ka)
Nombre de stades larvaires	3	4	
Sex ratio (♀♀ / ♂♂)	7,0 (2,2–19,3)	9 ± 2	4–5 (Ka), 6 (Sp), 4–6 (1,5–9) (Gr)

[1]) SPEYER, 1923 (Sp); CHEVALIER, 1931 (Ch); BETREM, 1932 b (Be); GREGORY, 1954 (Gr); MALLAMAIRE, 1954 (Ma); KALSHOVEN, 1958 b (Ka); SOMASEKHAR, 1958 (So)

3.3.6. *Résumé des observations*

Le résumé de nos observations est donné au tableau 9. À ce tableau figurent en même temps les données d'autres auteurs. À part certaines différences, nos observations correspondent généralement aux résultats des autres chercheurs. LAVABRE trouve une descendance prédominante plus grande; MALLAMAIRE et CHEVALIER indiquent un nombre de descendants par femelle différant de celui de nos données. BETREM donne une durée de la préoviposition plus longue.

3.4. RELATION SYMBIOTIQUE ENTRE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. ET L'*AMBROSIA*

3.4.1. *Données bibliographiques*

En étudiant *Xyleborus dispar* Fabr., HARTIG (1844) a le premier montré que cette nourriture mystérieuse, l'*Ambrosia*, n'était autre qu'un champignon et l'a nommé *Monilia candida* Hartig. HUBBARD (1897) a étudié différents scolytides mycétophages et a mis en évidence l'existence de plusieurs types d'*Ambrosia*. Il les classe en deux groupes: a) celui où les conidies sont normalement produites

en chaines; les larves vivent alors dans des encoches de la galerie, b) celui où les conidies se développent séparément ou en groupe à l'apex des conidiophores, et alors les larves vivent directement dans la galerie.

Depuis cette époque plusieurs auteurs ont décrit des champignons trouvés dans les galeries et associés aux scolytides mycéthophages (TROTTER, 1934; LEACH c.s., 1940; BUCHANAN, 1941; VERRALL, 1943; WEBB, 1945; BAKSHI, 1950; BATRA et FRANCKE-GROSMANN, 1961; BATRA, 1963; BAKER, 1963). À part des *Monilia*, des champignons du genre *Leptographium*, *Ceratocystis*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Ambrosiaemyces*, *Ceratostomella*, *Endomycopsis*, *Pestalozzia*, *Ascoidea* ont été rapportés. Malheureusement dans toutes ces recherches les essais d'élevage des scolytes sur des cultures pures ont été négligés. Ainsi des preuves définitives que ces champignons couvrent les besoins alimentaires de ces insectes manquent. La démonstration n'est généralement basée que sur des données statistiques: le champignon le plus souvent isolé des galeries, du bois avoisinant ou des femelles est considéré comme étant l'*Ambrosia*. BAKSHI (1950) note même: ‚comme le champignon a été constamment isolé des galeries ou des scolytes mycétophages de différentes localités, je crois qu'il doit être regardé comme l'*Ambrosia*'.

En Indonésie MULLER (1933) a réussi à faire des cultures de l'*Ambrosia* de *X. haberkorni* Egg., *X. compactus* Eichh., *X. morigerus* Bldf. et *X. bicornis* Egg.. Les caractères physiologiques et morphologiques de ces différents *Ambrosia* étaient très voisins; ils étaient tous du type *Monilia*. Sur les cultures pures, isolées des galeries du *X. compactus* Eichh. ou du *X. haberkorni* Egg., les jeunes femelles de *X. compactus* Eichh. vivaient jusqu'à 24 jours. D'ordinaire les jeunes femelles sans nourriture meurent en quelques jours; on peut alors supposer qu'elles se nourrissent du champignon. MULLER remarquait d'ailleurs qu'elles ne se reproduisaient pas.

GADD et LOOS (1946) ont étudié l'*Ambrosia* de *X. fornicatus* Eichh., le scolyte du thé. Après avoir constaté que le champignon isolé était morphologiquement semblable à celui trouvé dans les galeries du scolyte, et après avoir élevé des femelles à partir des oeufs sur des cultures pures, ils ont admis que *Monacrosporium ambrosium* Gadd et Loos est l'*Ambrosia* de *X. fornicatus* Eichh..

Un adulte de *Xylosandrus germanus* (Bldf.) a été élevé *ab ovo* sur une culture pure de *Pestalozzia* sp. (BUCHANAN, 1941). De plus, BUCHANAN a placé des larves sur des cultures de *Ceratostomella pluriannulata* Hedgc., *C. ulmi* Buisman et *Pestalozzia* sp.. Après plus d'un mois ces larves évoluent jusqu'au stade adulte. Mais il manque les détails pour pouvoir conclure qu'il s'agit ici d'une vraie nourriture. Si ces larves étaient déjà bien développées, elles pourraient probablement végéter sur leurs propres réserves et ainsi se transformer en nymphes sans manger les champignons.

HUBBARD (1897) établit que chaque espèce de scolyte mycétophage vit en symbiose avec une espèce différente d'*Ambrosia*. Il tire cette conclusion de l' étude de l'*Ambrosia* dans les galeries de différents scolytes. Cette opinion est plus au moins partagée par FRANCKE-GROSMANN (1963), bien que de façon plus nuancée. Elle admet que les coléoptères étroitement apparentés sont associés à

des *Ambrosia* également apparentés. Cette conclusion concorde avec les travaux de MULLER (1933). Par contre WEBB (1945) pense que tous les *Ambrosia* sont très apparentés sinon tout à fait semblables à *Leptographium lundbergii* Lagerberg et Melin. Or, les recherches de MULLER (1933), BUCHANAN (1941) et GADD et LOOS (1946) ne confirment pas cette proposition.

3.4.2. *L'Ambrosia de Xyleborus compactus Eichh.*

MEIFFREN (1957) a isolé de la galerie de *X. compactus* Eichh. à part du moniliale, plusieurs autres champignons secondaires. Ses isolements montraient presque uniquement ces derniers champignons et il ne trouvait que dans peu de cas l'*Ambrosia*. Les espèces prédominantes étaient *Colletotrichum coffeanum* Noack, *Pestalozzia coffeicola* Av. Sacc., *Botryodiplodia theobromae* Pat., *Fusarium decemcellulare* Brick. et *F. lateritium* Nees. LAVABRE (1962) a réussi à élever *X. compactus* Eichh. sur le champignon moniliale.

Nous avons pu isoler l'*Ambrosia* seulement après des centaines d'isolements sur bouillon de pomme de terre gelosé contenant 100 gr de pommes de terre, 10 gr de glucose et 15 gr d'agar pour 1 litre d'eau. Les isolements ont été faits à partir des champignons des galeries de *X. compactus* Eichh., ainsi que du bois envoisinant celles-ci. Nos isolements donnaient en principe les mêmes champignons que ceux cités par MEIFFREN (1957), surtout *Fusarium lateritium* Nees var. *longum* et *Colletotrichum coffeanum* Noack, mais aussi *Cephalosporium rubescens* Schimon et *Phialophora aurantiaca* v. Beyma. Les déterminations de ceux-ci ont été faites par le ‚Centraalbureau voor Schimmelcultures' à Baarn. On peut observer que ces isolements donnent une preuve très nette de l'impossibilité d'identifier un *Ambrosia* seulement par une simple méthode statistique.

Le champignon indiqué par nous comme l'*Ambrosia* ressemble morphologiquement tout à fait à celui trouvé dans les jeunes galeries. De plus, nous avons élevé les scolytes sur des cultures pures de ce champignon, et obtenu un développement total de l'oeuf jusqu'à l'adulte. Les adultes creusaient des galeries dans l'agar, mais dans de telles conditions ne pondaient jamais. Les élevages sur les cultures de *Fusarium lateritium* Nees et *Phialophora aurantiaca* v. Beyma ont toujours échoué: les oeufs éclosaient, mais les larves ne se développaient pas et après quelques jours elles mouraient.

3.4.3. *Description de l'Ambrosia de Xyleborus compactus Eichh.*

Dans les galeries de *X. compactus* Eichh. ce champignon se présente sous forme d'une couche blanche brillante (planche 6). En coupe microscopique il apparait que cette couche est constituée de conidiophores septés et ramifiés se terminant en une seule conidie globuleuse relativement grande. Les cellules des conidiophores septés peuvent être tellement arrondies, qu'elles donnent l'impression d'un collier de perles (planche 7, 8, 9 et 10). Ce mélange de conidiophores et de conidies constitue la nourriture des larves. On retrouve le mycélium septé et ramifié dans les cellules du parenchyme de la moelle, ainsi que dans les vaisseaux du bois et dans le liber (planche 11 et 12). Quelquefois la croissance du champignon est accompagnée d'une dégradation des tissus corticaux apparais-

sant à l'extérieur comme un noircissement. Les cultures sur bouillon de pommes de terre gelosé montrent un mycélium peu abondant couvert d'une couche épaisse de conidiophores et de conidies secs et blancs. L'agar devient noirâtre dès que le mycélium commence à se développer.

Caractères morphologiques de l'*Ambrosia:*

Mycélium septé, très ramifié, diamètre 3,2–3,9 μ (moyenne 3,5 μ). Conidies et conidiophores hyalins et secs. Conidiophores septés et ramifiés, longueur très variable avec un maximum à 700 μ, diamètre 5,9–7,7 μ (moyenne 6,7 μ). Conidies simples à l'apex du conidiophore, à paroi épaisse, globuleuses, diamètre 9,6–13,9 μ (moyenne 12,4 μ).

Il est possible que les cellules arrondies des conidiophores se différencient successivement en conidies. En ce cas les conidies sont basipétales, ce qui differencie ce champignon du genre *Monilia*, où les spores les plus jeunes se trouvent à l'apex du conidiophore (acropétales).

Le classement du champignon est assez délicat. Comme nos données le montrent, nous disposons des renseignements assez exacts et une analyse de la littérature fait voir que la différence entre ce champignon et les *Ambrosia* connus est fondamentale. TROTTER (1934) a décrit sous le nom *Ambrosiaemyces zeylanicus* Trotter, l'*Ambrosia* d'un scolyte mycétophage de Ceylan. Sa description donne l'impression que ses cultures sont un mélange de deux champignons: l'un ayant des spores semblables à celles d'un *Trichophyton* ou un *Fusarium*, et l'autre dont la forme et les diamètres des spores s'approchent des conidies de l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh.. *Monacrosporium ambrosium* Gadd et Loos a des conidiophores non ramifiés et des conidies septées et non globuleuses. Le *Pestalozzia* sp. des cultures de BUCHANAN (1941) est un champignon bien différent du nôtre: les conidies elliptiques et septées se forment dans un acervule. L'*Ambrosia* de *Platypus cylindrus* Fab. est classé comme *Sporothrix* sp. (BAKER, 1963). En culture ce champignon est humide. Ses conidies (blastospores) se forment en groupes, caractère que l'on ne trouve pas dans nos cultures. ZIMMERMANN (1908) donne les caractères morphologiques de l'*Ambrosia* d'un scolyte non identifié de l'Afrique orientale. Sa description montre une très grande conformité avec la notre. Il n'a d'ailleurs pas attribué de nom au champignon.

En récapitulant ces faits, on peut conclure que l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh. est une espèce non-décrite appartenant à un genre vraisemblablement inconnu. Nous proposons de l'appeler: *Ambrosiella xylebori* n. gen., n. sp..

Ambrosiella n. gen.

Mycelium septatum ramosissimum. Conidiophora septata et ramosa cellulis nonnumquam distincte rotundatis composita, hyalina aeque ac conidia solitaria globulosa sicca spisso pariete in apice conidiophorae. Inventa est Ambrosia Xylebori compacti in Coffea canephora mense septembri 1961 in Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, *Africa.*

Ambrosiella xylebori n. sp.

Fungus habitu albo. Hypharum diam. 3,2–3,9 (3,5) μ. *Conidiophorarum rami nonnumquam catenis similes, diam.* 5,9–7,7 (6,7) μ *longitudine variabilissima usque ad* 700 μ. *Conidiarum diam.* 9,6–13,9 (12,4) μ. *Inventa est Ambrosia*

Xylebori compacti in Coffea canephora mense septembri 1961 in Adiopodoumé, Côte d'Ivoire, *Africa.*

3.4.4. *Spécificité Xyleborus compactus Eichh.–Ambrosiella xylebori*

MULLER (1933) a fait des élevages de *X. compactus* Eichh. sur des cultures de l'*Ambrosia.* Il note que ce champignon est un type de *Monilia,* mais malheureusement il ne donne aucun détail sur la morphologie du champignon. Comme nous avons vu, le champignon qui sert de nourriture pour *X. compactus* Eichh. en Côte d'Ivoire n'est pas un *Monilia* sp..

Des galeries de *X. semiopacus* Eichh. creusées dans les bois abattus d'Abalé (*Combretodendron macrocarpum* (P. Beauv.) Keay) nous avons isolé un *Ambrosia,* qui en culture est blanc brillant. L'étude microscopique montre que celui-ci est morphologiquement pareil à celui de *X. compactus* Eichh.. Mais ses exigences physiologiques sont un peu différentes: contrairement à l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh., ce champignon ne sporule presque pas quand la teneur en glucose du substrat est très élevée, mais il produit alors un mycélium abondant. Les cultures de *X. compactus* Eichh. de l'oeuf jusqu'à l'adulte sur cet *Ambrosia* ont parfaitement réussi. Or, *X. compactus* Eichh. peut se servir de différents *Ambrosia,* bien qu'ils doivent être probablement très liés.

3.4.5. *Exigences physiologiques d'Ambrosiella xylebori*

Afin de nous rendre compte des exigences physiologiques de l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh., nous avons fait quelques essais.

Des poudres desséchées de rameaux du caféier ont été mis en boîtes de Pétri d'un diamètre de 9 cm et on y a ajouté différents volumes d'eau. Le tout est stérilisé à l'autoclave. Pour chaque catégorie, une boîte est utilisée pour le calcul de la teneur en eau, exprimée en pourcent de la matière fraîche, et dans les deux autres une culture de l'*Ambrosia* est inoculée. Les pourcentages d'eau dans ces milieux allaient de 2,0 à 67,6. Le tableau 10 donne la croissance de l'*Ambrosia* mesurée après 5 et 15 jours, le diamètre de la colonie était exprimé en millimètres.

TABLEAU 10. Croissance de l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh. sur des rameaux de *C. canephora* var. *robusta* finement broyés et mélangés à différentes quantités en eau.

Numéro d'essai	Teneur en eau en %	Diamètre de la colonie en mm après			
		5 jours		15 jours	
1.	2,0	0	0	0	0
2.	2,1	0	0	0	0
3.	2,3	0	0	0	0
4.	3,3	0	0	0	0
5.	18,4	0	6	0	46
6.	± 40,0	0	34	0	62
7.	45,3	47	52	90	90
8.	48,1	51	51	90	90
9.	67,6	52	52	90	90

Les numéros 1 à 6 ne montraient qu'un mycélium très fin sans sporulation; dans les numéros 7 à 9 un mycélium très épais et abondant se développait, d'abord sans spores, mais quinze jours après l'inoculation, des spores étaient formées à certains endroits sous forme d'une couche épaisse. Il est donc nécessaire que la teneur en eau du substrat soit au dessus de 40% pour obtenir des conditions favorables au développement de l'*Ambrosia*. D'autre part la variation de l'humidité au dessus de ce pourcentage n'a pas une grande importance: la croissance du champignon est la même à 45, 48 et 67% d'eau.

L'influence de la température est donnée en tableau 11. Nous avons mesuré la

TABLEAU 11. Influence de la température sur la croissance de l'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh..

Température en °C	Croissance de l'*Ambrosia* en mm après		
	2 jours	3 jours	4 jours
25	18,5 ± 1,5	36,5 ± 2,0	50,4 ± 1,8
28	27,9 ± 1,0	47,9 ± 1,6	64,3 ± 1,4
30,5	25,5 ± 1,6	42,8 ± 1,3	49,7 ± 3,9

croissance de l'*Ambrosia* inoculé en tubes de bouillon de pommes de terre gelosé; la longueur de la partie occupée par le champignon, mesurée sur dix tubes est donnée en millimètres.

La température optima pour le champignon est donc 28°C. La comparaison de la croissance après 4 jours montre que les différences entre 28°C d'une part et 25 et 30,5°C d'autre part sont hautement significatives ($P<0,001$).

En Basse Côte d'Ivoire CACHAN (1957) a étudié la croissance de l'*Ambrosia* de *Platypus auricomus* Schauf. en fonction de la température et de la teneur en eau du bois. Lui aussi trouvait une température optima vers 28°C et une teneur en eau minima entre 30 et 40%.

L'influence du rameau sur le nombre de descendants par femelle a déjà été discutée et il paraît probable que cette influence agit par l'intermédiaire de l'*Ambrosia*. BETREM (1931 a, e) attribue un rôle très important à la teneur en eau dans l'établissement de la galerie; l'influence de l'humidité jouerait par l'intermédiaire de l'*Ambrosia*. En saison sèche des femelles de *X. compactus* Eichh. étaient placées sur des rameaux de caféier. Une partie de ces caféiers était irriguée; la teneur en eau des caféiers non-irrigués et irrigués était moyennement resp. 50 et 54%. Il s'est avéré que dans 27% des galeries dans les plantes irriguées la croissance de l'*Ambrosia* était bonne; dans les plantes non-irriguées ce pourcentage n'était que 4. BETREM ne donne pas la variation en teneur en eau. Comme on a vu, il existe un certain minimum d'humidité pour une bonne croissance de l'*Ambrosia* et il est probable que sans irrigation plus de rameaux tombent en dessous de ce minimum.

En Côte d'Ivoire la teneur en eau des rameaux de caféiers normalement attaqués varie entre 49 et 62%. Ce pourcentage est établi par prélèvement des gale-

ries occupées dans des rameaux physiologiquement très différents. Le nombre de descendants par femelle est noté en même temps. Une humidité supérieure à 62% dérangerait peut-être l'insecte dans ses activités de taraudage par l'abondance de sève formée; une teneur en eau plus basse rendrait probablement les tissus trop durs. Les données sont groupées en classes selon l'humidité (tableau 12).

TABLEAU 12. Nombre de descendants par femelle dans les galeries de *X. compactus* Eichh. construites dans des rameaux à différente teneur en humidité.

Humidité en %	Nombre de galeries observées	Descendance moyenne	
<52,0	3	7,0 ± 2,0	
			t = 1,56 P>0,10
52,0–53,9	11	13,3 ± 6,74	
			t = 2,29 0,05>P>0,02
54,0–55,9	10	23,0 ± 12,0	
			t = 2,02 0,10>P>0,05
56,0–57,9	5	11,2 ± 6,94	
>57,9	4	9,3 ± 1,70	

Ce tableau montre qu'il y a un optimum pour l'humidité entre des limites assez étroites. A la figure 8 l'accroissement régulier de l'humidité dans un rameau depuis la base jusqu'a l'apex est mis en évidence. Quand il existe plusieurs galeries de *X. compactus* Eichh. dans le même rameau, ces galeries ne sont ordinairement pas creusées très près l'une à l'autre, et elles couvrent donc un plus grand gradient d'humidité que l'optimum suggeré au tableau 12. Or, l'humidité ne semble pas un facteur primordial dans la détermination de la largeur de la galerie, en tout cas pas entre certaines limites. Une humidité minima est nécessaire pour le développement de l'*Ambrosia*, mais comme d'ailleurs les essais en vitro l'ont démontré, une variation de la teneur au dessus de ce minimum ne semble pas d'une grande importance.

Des expériences ont établi que la teneur en glucose du substrat a une influence très nette sur la croissance de l'*Ambrosia*. L'inoculation de l'*Ambrosia* dans des tubes de bouillon de pommes de terre gelosé contenant différentes quantités de glucose (resp. 0, 5, 10 et 50 gr de glucose sur 100 gr de pommes de terre) montre que la sporulation est la plus intense dans les tubes contenant le plus grand pourcentage de glucose (planche 13).

De plus, nous avons mis des rameaux de caféier pendant trois jours dans une solution de 3% de glucose dans de l'eau du robinet et dans de l'eau sans glucose. Ces rameaux étaient placés dans les boîtes à élevage et après l'attaque par les femelles de *X. compactus* Eichh., le nombre de descendants par femelle est mesuré (tableau 13).

En avril l'influence du glucose est hautement significative. Mais en août les caféiers en Côte d'Ivoire sont d'habitude en plein développement. Il est donc prévisible que le niveau de différents élements nutritifs soit déjà assez élevé et

TABLEAU 13. Influence du glucose additioné aux rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, sur le nombre de descendants dans les galeries de *X. compactus* Eichh. établies dans ces rameaux.

	Août 1962		Avril 1963	
	Sans glucose	Avec glucose	Sans glucose	Avec glucose
Nombre de descendants par galerie	10 62 34 54 83 83 3 17 4	24 95 13 58 92	4 4 8 12 3 1 5 3	43 21 18 14 15 15 30
Moyenne Écart-type	38,9 ± 32,59	56,4 ± 37,73	5,0 ± 3,46	22,3 ± 10,67
t	0,911		4,35	
P	>0,10		<0,001	

qu'un dosage à cette époque soit moins effectif qu'en avril, période où la nutrition des caféiers est minima. Le tableau 13 montre que l'influence du glucose sur la croissance de l'*Ambrosia* se manifeste par une augmentation de nombre de descendants par femelle.

Le ‚Koninklijke Nederlandse Gist- en Spiritusfabriek, Delft' nous a fourni d'un échantillon de Pimaricine, antibiotique ayant une action fongicide systémique. *In vitro* cette substance entraîne l'inhibition de la croissance du champignon.

En août 1962 nous avons mis des rameaux de caféier dans des solutions de ce produit dans de l'eau du robinet, contenant resp. 100 et 200 γ/cc. Après trois jours ces rameaux étaient placés dans les boîtes à élevage et le nombre de descendants par femelle a été établi dans les galeries (tableau 14).

TABLEAU 14. Influence de la Pimaricine, (antibiotique ayant une action fongicide systémique), additionée aux rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, sur le nombre de descendants dans les galeries de *X. compactus* Eichh. établies dans ces rameaux.

	Nombre de descendants par femelle	Moyenne	Écart type
Sans pimaricine	10 62 34 54 83 83 3 17 4	38,9	32,59
Avec pimaricine			
100 γ/cc	20 21 18 17 17 23 42 22 (0)*	22,5	8,19
200 γ/cc	48 13 (0) (0) (0) (0) (0)		

* non compris dans les calculations

Il est évident que dans une partie des rameaux placés dans la solution de Pimaricine, on trouve des galeries sans descendance et sans *Ambrosia*. Les galeries dans les rameaux traités par la solution de 100 γ/cc renferment normalement une descendance, mais le nombre de descendants semble réduit, bien que l'écart par rapport au témoin ne soit pas très grand à cause de la grande variabilité de ce dernier.

CHARARAS (1961) a étudié la relation de *Xyloterus lineatus* Ol., avec sa plante-

hôte; sa conclusion est la suivante: ‚Les larves évoluent précisément dans la zône la plus riche en glucides et azote; ces conditions particulières sont nécessaires, car la présence du champignon *Ambrosia* intervient pour modifier les constituants biochimiques de l'arbre et créer ainsi un complexe de facteurs liant l'insecte à la plante-hôte'. Quant au complexe *X. compactus* Eichh.-caféier, les résultats de nos recherches amènent à la même conclusion et mettent aussi en évidence la complexité de la relation insecte-champignon-plante.

D'après ENTWISTLE (1963 a) le nombre de descendants par galerie est différent dans des cacaoyers cultivés sous conditions climatiques et culturales différentes. Il suppose que ces conditions fassent naître des races locales d'une activité de reproduction dissemblable. Or, à notre avis certaines conditions climatiques et culturales seront reflétées dans le niveau d'éléments nutritifs des rameaux et ainsi détermineront plus ou moins le nombre de descendants par galerie. Aussi chez les scolytes d'écorce une influence de la condition de la nourriture sur le nombre de descendants par femelle a été trouvée (ANDERSON, 1948).

3.4.6. *Scolytes vecteurs de l'Ambrosia*

Tous les auteurs concluent que l'*Ambrosia* est transporté passivement par les jeunes femelles de la galerie-mère à une nouvelle galerie. L'étude du mécanisme de ce transport a fait cependant naître différentes hypothèses. SCHNEIDER-ORELLI (1913) pose que les spores sont transportées par l'intermédiaire du tube digestif. Il pense que les femelles hibernantes gardent les spores dans l'intestin moyen. En creusant une nouvelle galerie ces spores seraient régurgitées. SCHNEIDER-ORELLI a réussi à faire des isolements de l'*Ambrosia* des galeries, ainsi que de l'intestin moyen des femelles hibernantes. LEACH c.s. (1940) et BAKER (1963) confirment cette thèse du transport des spores par le tube digestif, mais ils supposent que celles-ci sont rejetées dans les excréta. BAKER envisage en plus le transport par des spores adhérant aux soies de l'insecte. BEESON (1917) et DOANE et GILLILAND (1929) attribuent cette fonction aux soies et aux pores thoracaux. Selon STROHMEYER (1918) le transport des spores chez les Platypodidae se fait vraisemblablement dans les cannulures frontales. Après une étude très approfondie de diverses groupes de scolytides mycétophages, FRANCKE-GROSMANN (1956 a, b) a pu indiquer l'existence d'organes spéciaux auxquels seuls elle attribue la fonction de transport de l'*Ambrosia* chez certaines espèces. Les spores y seraient enveloppées de secrétion et ainsi protégées contre les influences nuisibles pendant l'hibernation. En creusant une nouvelle galerie la femelle produirait de nouvelles secrétions et par ces secrétions les spores quitteraient passivement l'insecte et s'installeraient sur les parois de la galerie. L'auteur a trouvé de tel organes chez *Trypodendron* spp. et Xyleborini sous forme de poches dans le thorax. Originellement ces organes auraient surtout pour fonction de graisser les tissus dans lesquels le scolyte creuse sa galerie, diminuant ainsi la résistance et peut-être protégeant le coléoptère contre la sève.

LHOSTE et ROCHE (1959) ont trouvé un organe semblable chez *X. compactus* Eichh.; il s'agit ici d'une poche sous la partie postérieure du pronotum. Cette

poche contient des éléments cellulaires ressemblant aux spores de l'*Ambrosia* décrites par LAVABRE (1958). Les auteurs attribuent à cet organe un rôle dans l'ensemencement du champignon par la femelle.

Afin de décider si les spores sont transportées collées aux soies de *X. compactus* Eichh., nous avons secoué pendant 5 minutes des femelles venant de sortir des galeries-mères dans une suspension de bisulfure de tétraméthylthiurame (50 gr/litre d'eau). Après séchage sur papier filtre ces femelles ne montraient aucun signe de dommage causé par le traitement. On a placé ces femelles dans des boîtes à élevage et après 15 jours le développement de l'*Ambrosia* dans les galeries est examiné. Sur dix galeries ouvertes, neuf manifestaient une bonne croissance de l'*Ambrosia* et contenaient du couvain.

Dans un deuxième essai, les femelles sont secouées pendant 5 minutes dans l'alcool à 95%. La croissance de l'*Ambrosia* dans les galeries des femelles traitées de cette manière était réduite. Sur 21 galeries examinées 12 montraient une croissance normale. Les résultats de ces essais sont en faveur de la théorie selon laquelle les spores seraient transportées sur le corps de l'insecte, mais plus ou moins protégées dans un organe spécial. FRANCKE-GROSMANN (1956 a) a trouvé que ces organes contiennent des secrétions d'un caractère lipoïde. On peut donc imaginer que l'alcool y pénètre plus facilement que la suspension du bisulfure de tétraméthylthiurame dans l'eau.

3.4.7. *Valeur nutritive de l'Ambrosia*

L'*Ambrosia* sert comme unique nourriture pour les larves. Pendant leur développement on ne voit aucune extension de la galerie. Leur élevage sur des cultures pures du champignon a pu être mené avec succès. Les excréta des larves se présentent comme des masses amorphes dans lesquelles on ne peut plus distinguer de structure définie. Nous avons déjà remarqué que les femelles ne pondent pas sur les cultures artificielles, bien qu'elles puissent vivre sur ces cultures pendant cinq ou six semaines. Ou bien elles ont besoin d'une nourriture plus complète pour le développement des ovarioles, ou bien l'*Ambrosia* tapissant les parois de la galerie est peut-être plus riche en certains éléments nutritifs.

Nous avons mis des femelles dans trois conditions différentes, à savoir a. une culture pure d'*Ambrosia*, b. taraudant les rameaux de caféier et c. taraudant les rameaux de *Hibiscus rosa-sinensis* L.. Dans cette dernière plante *X. compactus* Eichh. creuse des petites galeries, mais l'*Ambrosia* n'y s'installe pas et en conséquence la femelle n'y ponde pas. Nous avons pesé ces femelles juste après qu'elles quittent la galerie-mère et après quatre jours dans les conditions décrites ci-dessus (tableau 15).

TABLEAU 15. Changements de poids des femelles de *X. compactus* Eichh. sous différentes conditions de nutrition.

	Ambrosia	Caféier	*Hibiscus*
Nombre de femelles	16	12	14
Poids moyen initial en γ	546,9	574,9	556,4
Poids moyen après 4 jours en γ	514,1	600,8	470,7

Le poids moyen diminue quand la femelle ne peut manger que l'*Ambrosia* (6,00%). En taraudant sa galerie dans les rameaux du caféier, la femelle gagne du poids (4,56%); après quatre jours on trouve normalement de l'*Ambrosia* dans les galeries. Les femelles taraudant l'*Hibiscus* ont une perte de poids de 15,40%; l'énergie nécessaire pour le taraudage de la galerie ne semble pas être compensée par une nourriture convenable. Cette grande différence montre que l'insecte, bien qu'attaquant très fortement l'*Hibiscus*, ne profite pas des éléments nutritifs de ses tissus. Il semble que dans les galeries sur caféier, les femelles ont une augmentation plus petite de poids après 3 jours, qu'après 5 jours. Ces données ne sont statistiquement pas valable, car il s'agit de resp. 6 et 3 femelles observées: resp. 3,91 et 7,69%. Dans le paragraphe traitant de la lutte, il a déjà été relevé que les femelles peuvent traverser une couche de certains insecticides sans effets nuisibles. Si les différences du poids décrites ci-dessus étaient dûes à l'alimentation par les tissus végétaux, les insectes devraient manger relativement des grandes quantités de ceux-ci. Il est donc improbable que ce soient les tissus mêmes qui servent comme nourriture.

D'après LHOSTE et ROCHE (1959) il se trouve dans le contenu du tube digestif des femelles et des mâles des structures qu'ils décrivent comme fragments de végétaux supérieurs. Mais les mâles n'ont aucune fonction dans l'établissement de la galerie et on n'a jamais observé qu'ils taraudent le bois. Vraisemblablement ces structures sont des agglomérations d'*Ambrosia*.

À notre avis, les tissus végétaux n'ont pas une valeur alimentaire directe pour l'imago et c'est l'*Ambrosia* qui fournit les éléments nutritifs; nourriture qui n'est complète qu'en se développant dans la galerie.

3.5. SORTIE DES FEMELLES

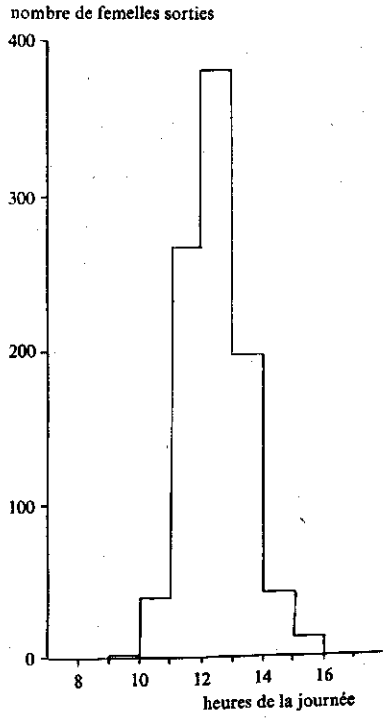
En conditions normales la sortie des jeunes femelles a lieu pendant la journée entre 9 et 16 heures, avec un maximum entre midi et 13 heures (figure 19). Ces chiffres ont été obtenus en mettant en boîtes de Pétri des rameaux de caféiers coupés en morceaux et contenant une galerie. Les boîtes sont maintenues dans les conditions atmosphériques de l'extérieur en les plaçant devant la fenêtre ouverte.

3.5.1. *Facteurs déterminant la sortie*

LAVABRE (1962) suppose que le rythme de sortie est déterminé par la variation journalière de l'intensité lumineuse.

Afin d'analyser les facteurs déterminant ce rythme, nous avons mis des segments de rameaux avec galeries occupées dans diverses conditions de température et d'illumination. La sortie des femelles a été notée. La liste des traitements est la suivante:

	de 8 h. à 20 h.	de 20 h. à 8 h.
1.	30°C avec éclairement	25°C à l'obscurité (figure 20)
2.	25°C à l'obscurité	25°C à l'obscurité (figure 21)
3.	30°C à l'obscurité	30°C à l'obscurité (figure 22)
4.	25°C à l'obscurité	30°C à l'obscurité
5.	30°C à l'obscurité	25°C à l'obscurité (figure 23)
6.	28°C avec éclairement	28°C à l'obscurité (figure 24)
7.	28°C à l'obscurité	28°C avec éclairement
8.	25°C avec éclairement	30°C à l'obscurité



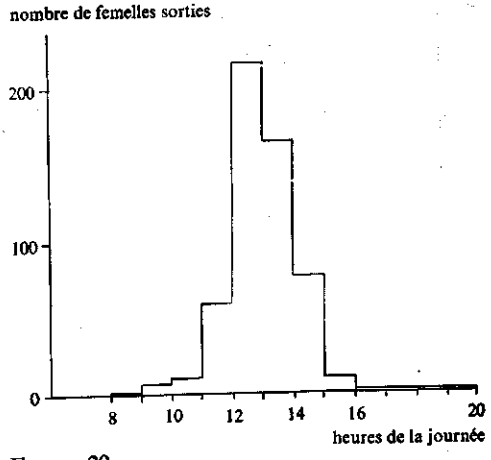


FIGURE 20.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh.. Conditions: de 8 h. à 20 h. 30°C avec éclairement; de 20 h. à 8 h. 25°C à l'obscurité.

FIGURE 19.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh. à différentes heures de la journée, dans les conditions climatiques extérieures.

Il découle de la figure 20 que le traitement 1 est à peu près pareil à celui du laboratoire. Quand la température et l'illumination restent constantes pendant 24 heures, les femelles sortent aussi bien le jour que la nuit (figure 21 et 22). Pendant la journée la sortie des femelles était enrégistrée chaque heure, ainsi est-il possible que la sortie plus fréquente dans cette période soit causée par les brefs instants d'illumination nécessaires au contrôle. La sortie nocturne n'est régistrée qu'à 8 h. du matin. Il est aussi possible qu'un certain rythme interne en soit la cause. Au traitement 4 toutes les femelles sortent la nuit (au total 414) et au traitement 5 cela est juste le contraire (figure 23). Or, sans lumière la tempé-

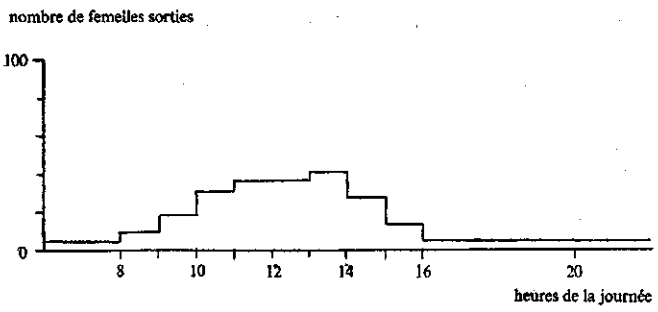


FIGURE 21.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh.. Conditions: 25 °C à l'obscurité.

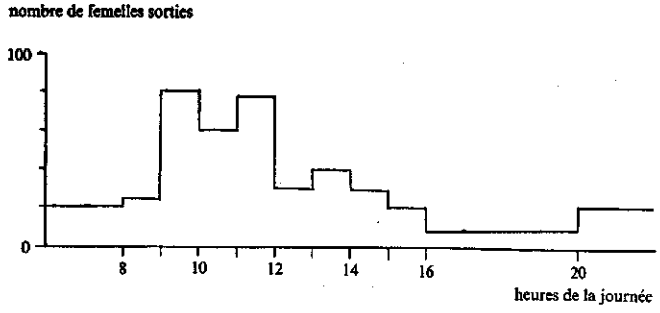


FIGURE 22.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh.. Conditions: 30 °C à l'obscurité.

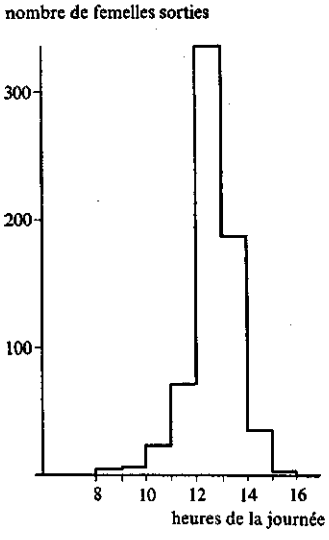
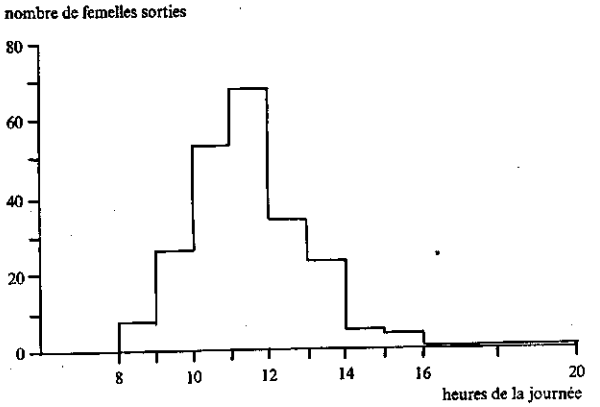


FIGURE 23.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh.. Conditions: de 8 h. à 20 h. 30 °C à l'obscurité; de 20 h. à 8 h. 25 °C à l'obscurité.

rature détermine la sortie, une élévation de température les fait sortir sans qu'il soit nécessaire que les galeries soient illuminées.

Pour le traitement 6 (figure 24) toutes les femelles sortent le jour, tandis qu'au traitement 7 elles sortent toutes la nuit (en total 409). Si les autres conditions restent les mêmes, l'illumination continue pendant 12 heures a le même effet qu'une élévation de température. Quand on illumine les boîtes seulement le

FIGURE 24.
Sortie de la galerie-mère des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh.. Conditions: de 8 h. à 20 h. 28 °C avec éclairement; de 20 h. à 8 h. 28°C à l'obscurité.



matin pendant quelques heures ($\frac{1}{2}$ à 4 h.) les femelles sortent jour et nuit. Comme il faut s'y attendre les femelles au traitement 8 sortent toutes la nuit (au total 192).

D'après ces données, on peut tirer la conclusion que le facteur primaire dans la régulation du rythme journalier de la sortie des jeunes femelles est la température, bien que l'illumination puisse avoir le même effet quand la température est constante.

Il faut noter de plus que la sortie des femelles s'arrête dès qu'il y a une baisse de température sans changement d'intensité lumineuse. Cet arrêt est suivi d'une sortie plus tôt que normal le jour suivant. Dans de telles conditions le maximum de la sortie peut être avancé vers 11 h.. Les femelles d'une certaine maturité réagissent donc à une élévation de température pour sortir. Si la sortie est entravée, une plus petite élévation suffit déjà pour avoir ce résultat.

D'après BROWNE (1962) la température sera un des facteurs principaux déterminant la sortie des femelles de *Doliopygus conradti* Strohm.. HOGAN (1948) note que les adultes de *Platypus subgranosus* S. sortent moins pendant les jours à température basse.

Comme exemple d'adaptation aux facteurs ambiants on pourrait rapporter les observations suivantes. Des galeries prélevées à Gagnoa (situé au centre de la Côte d'Ivoire) sont emmenées au laboratoire en Basse Côte d'Ivoire, et la sortie des jeunes femelles de ces galeries est comparée à celle des galeries coupées sur place. Il s'avère que:

a. la sortie des galeries coupées sur place est maxima à 13 h.

b. dans la plantation à Gagnoa les femelles sortent aussi au maximum de 13 h.

c. pour galeries coupées à Gagnoa, et observées en Basse Côte, les femelles sortent au maximum de 14–15 h..

Il a déjà été prouvé qu'une augmentation de température est le facteur dominant dans le rythme journalier des sorties. Les différences moyennes de températures diurnes et nocturnes sont en Basse Côte de 2°C de moins qu'au centre du pays. Donc, comme les femelles de Gagnoa sont habituées à une élévation de

température plus grande, il semble qu'elles réagissent plus lentement à l'élévation moindre sur la Basse Côte, que les femelles trouvées sur place. Or, on pourrait supposer que le rythme interne des femelles s'établit sous l'influence d'un changement défini de la température.

3.5.2. *Sortie de la fondatrice*

La sortie des jeunes femelles en nombre est ordinairement précédée par la sortie de la femelle fondatrice, 5 ou 6 jours auparavant. Un marquage à la peinture confirme ce fait. En plus, ces femelles pèsent moins que les autres. Des élevages ont démontré que ces fondatrices sont capables de creuser à nouveau une galerie et de produire une nouvelle progéniture.

3.5.3. *Durée de la période de sortie*

La sortie des jeunes femelles s'étend souvent sur une très longue période; jusqu'à 25 jours d'après nos observations. Nous avons déjà vu que le développement des larves peut être très tardif par manque de nourriture. De plus les larves tardivement développées ont des dimensions réduites. L'explication de la longue période de sortie de femelles se trouve donc dans le retard à la croissance des larves.

BROWNE (1962) note que la période de sortie des femelles chez *Doliopygus conradti* Strohm. est beaucoup plus longue que la durée de la ponte. Il explique ce phénomène en supposant que le temps pendant lequel une femelle reste dans la galerie-mère est très variable, et qu'une femelle reste plus longtemps s'il y a moins d'autres dans la même galerie. Notre opinion est qu'en tout cas chez *X. compactus* Eichh., la sortie est déterminée par la maturité sexuelle des femelles et les conditions atmosphériques.

3.5.4. *Poids des jeunes femelles*

Les femelles quittant les dernières la galerie-mère sont d'un poids plus léger et de dimensions plus petites que les premières sorties (tableau 16).

TABLEAU 16. Diminution de poids des jeunes femelles de *X. compactus* Eichh. sortant à différents intervalles des galeries-mères.

Jours	Nombre de femelles	Poids moyen en γ
1	100	519
2	73	511
3	36	469
4	25	445
5	9	432
6	7	427

Cette diminution des poids peut s'expliquer par un manque de nourriture pour le développement des larves. Des essais en laboratoire ont demontré une activité réduite de telles femelles. REID (1962) a trouvé une même réduction

d'activité pour les femelles les plus petites de *Dendroctonus monticolae* Hopk.. Si on pèse toutes les femelles d'une même galerie, il apparait que leur poids peut varier considérablement (270–610 γ) et que cette variation correspond à des dimensions aussi très variées.

SCHEDL (1952) a aussi constaté la grande variabilité des dimensions dans un même genre des Scolytoidea et il dit que cette variation ne peut pas se trouver dans la progéniture d'une seule femelle. En conséquence, SCHEDL propose de décrire les insectes dans ce cas comme des variétés nouvelles. Par exemple *Doliopygus rapax* Samp. var. *medius, minor* et *typica,* longueur resp. 2,8 à 2,9; 2,5 à 2,6 et 3,3 à 3,5 mm. Nos données expliquent ces résultats, et il nous semble que ce phénomène doive être assez répandu chez tous les Scolytoidea mycétophages, en tous cas chez les scolytes vivant dans des bois du petit diamètre comme les scolytes de branchettes (‚twig-borers'). Or, pour ces derniers, les conditions biochimiques et biophysiques optima de la croissance de l'*Ambrosia* peuvent changer assez vite durant le développement de la progéniture. Ainsi n'existe-t-il aucune raison de créer de nouvelles variétés.

3.5.5. *Fécondation des femelles*

La fécondation des femelles a lieu environ le deuxième jour du stade adulte (ENTWISTLE, 1963 a). À ce moment le durcissement et la mélanisation des intéguments ont presque fini. Si on ouvre la galerie et place les femelles complètement noircies dans les boîtes à élevage, leur progéniture est toujours mixte. Or, l'accouplement a déjà eu lieu à ce stade.

4. RELATION ENTRE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. ET SA PLANTE-HÔTE

En décrivant le but de nos recherches (1.2.) nous avons insisté sur l'importance d'une connaissance profonde des causes responsables de l'attaque d'une plante par un insecte. Dans notre cas cela comprend les raisons de l'agression de *X. compactus* Eichh. à toute une gamme de plantes. D'abord nous avons donné un aperçu des plantes-hôtes connues. En traitant de quelques détails de la biologie de *X. compactus* Eichh., surtout l'importance de la nourriture pour l'insecte (c'est-à-dire l'*Ambrosia* et indirectement les conditions physiologiques de la plante où la galerie est construite) a été envisagée.

Dans ce chapitre nous considérerons l'évolution des nouvelles attaques comme suit:

4.1. influence des facteurs climatiques sur l'évolution de l'attaque; à la fois influence directe sur le comportement des femelles, et influence indirecte par l'intermédiaire de la plante-hôte. L'influence indirecte agit sur le nombre de descendants par femelle. Les informations nécessaires à l'élucidation de cette question ont été obtenues en déterminant la fluctuation du nombre de nouvelles galeries établies dans une quantité fixe de plantes-hôtes, plus spécialement de caféier, en fonction du temps (fluctuations journalières aussi bien que fluctuations annuelles). Ces dernières ont été déterminées par des comptages toutes les trois semaines.

4.2. analyse du comportement des femelles de *X. compactus* Eichh. surtout pendant la période de l'établissement sur une nouvelle plante-hôte, ainsi que l'étude des facteurs intrinsiques de la plante afin d'interpréter l'attachement de *X. compactus* Eichh. à certaines plantes-hôtes.

4.1. Influence des facteurs climatiques sur l'évolution de l'attaque

4.1.1. *Fluctuations journalières de l'attaque*

4.1.1.1. Méthodes

Pour 44 pieds répartis sur 16 caféiers, les nouvelles attaques sont enrégistrées tous les jours pendant cinq semaines (14/9 à 19/10/1961). L'avantage des comptages journaliers est l'élimination partielle de l'influence de l'état physiologique de la plante sur l'attaque. On peut supposer que les conditions physiologiques de la plante qui influencent le nombre de descendants par femelle ne changeront pas de façon importante d'un jour à l'autre.

Ainsi est-il possible d'obtenir des informations sur les facteurs agissant directement sur les jeunes femelles et influençant par conséquent l'intensité de l'attaque. Les résultats montrent que l'attaque varie considérablement pendant la période d'observation. Mais ils mettent aussi en évidence que l'attaque sur certains arbres, notamment ceux qui sont peu attaqués, ne suit pas les variations de l'ensemble. Afin d'obtenir une série d'observations aussi homogène que pos-

sible, ces arbres ne seront pas pris en considération dans la suite. Ces éliminations sont faites après avoir établi que la corrélation entre l'attaque sur ces arbres individuels et l'attaque totale n'est pas significative.

Afin de bien pouvoir observer l'attaque dans les arbres, il est nécessaire de courber les rameaux et le tronc chaque jour dans diverses directions, ce qui pourrait créer une perturbation. C'est pourquoi, au cours de l'essai, une deuxième série d'arbres a été prise en observation. Les données des deux séries montrent une corrélation significative, donc les arbres de la première série n'ont pas subi un effet nuisible par suite des observations. La station de météorologie de l'I.D.E.R.T. nous a procuré toutes les données climatiques nécessaires.

4.1.1.2. Influence des précipitations

Dans le chapitre précédant on a vu que la sortie des femelles dépend surtout d'une élévation régulière de la température matinale. En Basse Côte d'Ivoire l'élévation de la température matinale n'est habituellement pertubée que par des averses. Au cours de quatre jours, dans notre essai, des pluies sont tombées entre 8.00 heures et 12.00 heures. À ces dates (17/9, 29/9, 30/9 et 18/10), l'attaque était très basse (resp. 2, 6, 7 et 1 galerie) comparée à la moyenne de toute la période: 12,8 galeries par jour. Dans la discussion de l'influence des autres facteurs ces jours seront laissés en dehors de l'interprétation.

4.1.1.3. Influence de l'insolation

Les femelles sortent en grand nombre à partir de 11.00 heures. Nous avons observé que plusieurs entre elles commencent très vite à creuser une galerie, souvent déjà dans un delai de moins d'un demi-heure. Le comportement des femelles a été observé en les mettant dans la plantation sur les caféiers par temps nuageux et ensoleillé. Par temps nuageux les femelles parcourent les rameaux à vitesse réduite; une partie commence à tarauder l'écorce après 15 à 40 minutes et une partie s'envole après environ 15 minutes. Par temps ensoleillé par contre, la plupart s'envole tout de suite, tandis que quelques autres parcourent les rameaux rapidement et s'envolent quelques minutes plus tard. Cette plus grande activité est peut-être due à la température plus élevée. Au laboratoire cette hypothèse a été vérifiée: sur une boîte de Pétri (diamètre 20 cm), remplie de segments de rameaux de caféier et couverte d'un grillage de cuivre à mailles fines, on place 10 femelles. L'illumination a été maintenue constante à 2000 lux, et la température respectivement à 29°, 5 et 32°, 5 C. Pendant cinq minutes on a noté le nombre de vols. L'essai est fait en double. À 29°, 5 C on a noté 24 et 50 vols par 5 minutes et à 32°, 5 C 81 et 99 vols par 5 minutes.

Une température plus élevée, liée à une longue durée d'insolation amène donc les femelles à s'envoler plus vite, ce qui conduit à ce que les femelles se dispersent, se fatiguent et en conséquence ont une chance plus petite de trouver une nouvelle plante-hôte convenable que celles restant sur la même plante. Le tableau 17 donne le nombre de nouvelles attaques par jour en relation avec la durée d'insolation après 11.00 h.. De ce tableau il suit qu'en dessus de 4 heures d'insolation l'attaque devient nettement plus basse.

TABLEAU 17. Relation entre la durée d'insolation et l'attaque de *C. canephora* var. *robusta* par *X. compactus* Eichh..

Insolation après 11.00 h. en heures	Nombre de jours	Attaque moyenne par jour
0–1	3	17,0
1–2	4	13,5
2–3	4	18,5
3–4	7	20,7
4–5	8	11,4
>5	6	6,2

4.1.1.4. Influence de la température et de l'humidité relative à midi

Dans la figure 25 nous avons indiqué le nombre de nouvelles attaques par jour en relation avec l'humidité et la température à 12.00 heures. Ces données ont été divisées en trois classes: <10, de 10 à 20 et >20 attaques par jour. Bien que

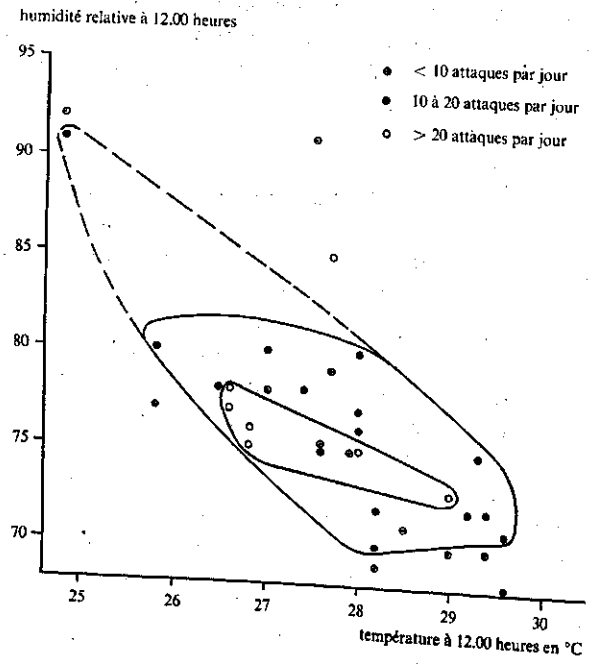


FIGURE 25. Nombre de nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. par jour, dans un certain nombre de caféiers (*C. canephora* var. *robusta*) en fonction de l'humidité relative à 12.00 h. et la température à 12.00 h..

les données de cette figure semblent être réparties sans ordre, il est possible de déterminer deux zônes en dehors desquelles on trouve une autre classe d'attaque. L'attaque la plus intensive se trouve entre 26°, 5 et 29°C avec 72 et 78% d'humidité. Quand la température à 12.00 heures reste en dessous de 26°,5C, la sortie des femelles sera certainement réduite. L'influence d'une température trop haute a déjà été discutée. Il n'est d'ailleurs pas tout à fait possible de séparer les facteurs traités dans cette figure de l'insolation. Par un jour très ensoleillé la

température montera et on trouvera dans ces conditions, comme nous l'avons déjà démontré, une abaissement de l'attaque.

D'après nos observations on peut définir comme suit les conditions optima pour l'attaque du scolyte: température à 12.00 heures entre 26°,5 et 29°,0C; humidité à 12.00 heures entre 72 et 78%; durée de l'insolation réduite; pas de pluie le jour.

4.1.1.5. Attaques inachevées

L'attaque peut se poursuivre jusqu'à l'établissement d'une nouvelle galerie, mais en plusieurs cas le taraudage s'arrête avant terme, ne résultant ainsi qu'en un trou d'essai. Le pourcentage de trous d'essai sur le total des attaques varie considérablement d'un jour à l'autre, et il semble peu probable que ces variations soient dues au hasard.

On a mesuré le diamètre des rameaux à l'endroit où la femelle commence à creuser sa galerie. Sur 169 attaques 35 aboutissaient à un trou d'essai et en ce cas le diamètre des rameaux était en moyenne 6,15 mm. Les rameaux dans lesquels s'était formé une galerie avaient pour diamètre 5,21 mm en moyenne. La différence entre ces deux moyennes est statistiquement significative: $0{,}01 > P > 0{,}001$. L'étude anatomique montre qu'un diamètre plus grand correspond à une épaisseur plus grande du xylème et de l'écorce, donc à une couche plus épaisse à percer pour la femelle.

Pour comparer la relation entre certains facteurs climatiques et le pourcentage de trous d'essai, les jours où on a trouvé 15 attaques ou plus, sont seuls pris en considération, afin que les chiffres deviennent statistiquement plus valables. Une corrélation positive a été trouvée entre le nombre de trous d'essai et la durée de l'insolation après 11.00 heures ($0{,}01 > P > 0{,}001$) ainsi que la température moyenne de l'après-midi ($0{,}05 > P > 0{,}02$).

La femelle doit percer l'écorce et le xylème pour arriver aux tissus plus tendres de la moelle où elle construit finalement la galerie. Au paragraphe 3.2.1. on a déjà établi qu'une femelle venant de sortir de la galerie-mère ne fait jamais plus d'un trou d'essai. Quand ce trou d'essai n'aboutit pas à une galerie on a vraiment l'impression que la femelle ne dispose pas de réserves suffisantes pour tarauder jusqu'à la moelle. Nous avons d'ailleurs aussi constaté que dès qu'elle arrive à la moelle, la femelle attend la croissance de l'*Ambrosia* avant de continuer le taraudage. L'*Ambrosia* fournit certainement la nourriture nécessaire à l'achèvement de la galerie.

Cette thèse est confirmée par les données suivantes. Quand le rameau est plus épais, le pourcentage de trous d'essai augmente. Si la température ou la durée de l'insolation monte, les femelles ont une tendance accrue à s'envoler, ce qui amène une perte d'énergie, et il sera plus difficile pour ces femelles de construire une nouvelle galerie.

Les journées couvertes avec une température pas trop haute dans l'après-midi sont donc favorables à la réussite des attaques.

4.1.2. *Fluctuations annuelles de l'attaque*

4.1.2.1. Méthodes

Pendant une période d'environ trois ans (avril 1960 – avril 1963) nous avons enrégistré les changements dans le nombre de nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. sur des variétés de *Coffea canephora* Pierre en comptant toutes les trois semaines les galeries récemment établies dans un certain nombre de rameaux. D'avril 1960 jusqu'à mai 1961 l'attaque est notée dans les 20 rameaux les plus jeunes de 141 caféiers. Comme les comptages se faisaient chaque fois sur le même nombre de rameaux, on dispose de chiffres comparables. À partir de septembre 1961 d'autres caféiers des mêmes variétés sont pris en observations; les arbres observés d'abord avaient trop poussé et il devenait impossible de les examiner d'une façon satisfaisante. Jusqu'en avril 1963 l'attaque sur les 26 rameaux les plus jeunes de 57 caféiers est controlée: aussi bien les nouvelles galeries que les nouveaux trous d'essai.

La plantation où l'on a fait ces comptages est située à côté du poste météorologique de l'I.D.E.R.T., ainsi a-t-on à sa disposition toutes les données climatiques nécessaires pour interpréter les changements dans le nombre des galeries occupées par *X. compactus* Eichh.. Dans la figure 26 ces changements sont indiqués, de même que les données climatiques.

Afin d'élucider l'influence de certains caractères physiologiques des rameaux sur les résultats obtenus, nous avons fait des analyses chimiques. L'humidité des rameaux était analysée par séchage à l'étuve à 105°C. On a analysé les cendres par chauffage dans le four électrique pendant 15 à 18 heures à 490°C. Les cendres étaient traitées à l'acide chlorhydrique R.P. afin d'obtenir les éléments sous forme de chlorures. Le principe du dosage colorimétrique du phosphore est que l'acide phosphorique donne en milieu acide en présence de V^{+5} et de Mo^{+6} un complexe jaune (CHARLOT et GAUGUIN, 1952). On a fait le dosage de K et Ca au moyen du spectromètre de flamme. Le dosage de l'azote est fait après destruction des poudres sèches par l'acide sulfurique R.P., selon la méthode de NESSLER. La solution à doser est mélangée avec le réactif de NESSLER, contenant JK, HgCl et NaOH. Après que la coloration s'est manifestée, la solution est dosée au colorimètre. Le principe de ce dosage colorimétrique est la formation de $NH_2Hg_2J_3$, coloré en orange-brun (VOGEL, 1955).

L'extraction et l'analyse des sucres se font comme suit: fixation du matériel frais à l'alcool bouillant, extraction par l'alcool à 80%, récupération de la solution alcoolique, distillation sous pression réduite, défécation du résidu par l'acétate de Pb (neutre), neutralisation du Pb par Na_2CO_3, dosage de sucres dans le filtrat par la méthode BERTRAND (BRUNEL, 1949). Les réducteurs libres sont dosés tout de suite; les réducteurs non-libres le sont après hydrolyse: on ajoute à 20 cc du filtrat 1 cc d'acide chlorhydrique et l'on chauffe pendant 7–8 minutes au bain-marie. La solution glucidique à doser est portée à l'ébullition dans un excès de liqueur cupro-alcaline. L'oxyde cuivreux provenant de la réduction est séparé par filtration, puis traité par une solution acide de sulfate ferrique, qui est réduite quantitativement en formant du sulfate ferreux. Le sel ferreux formé est finalement dosé par une solution titrée de permanganate.

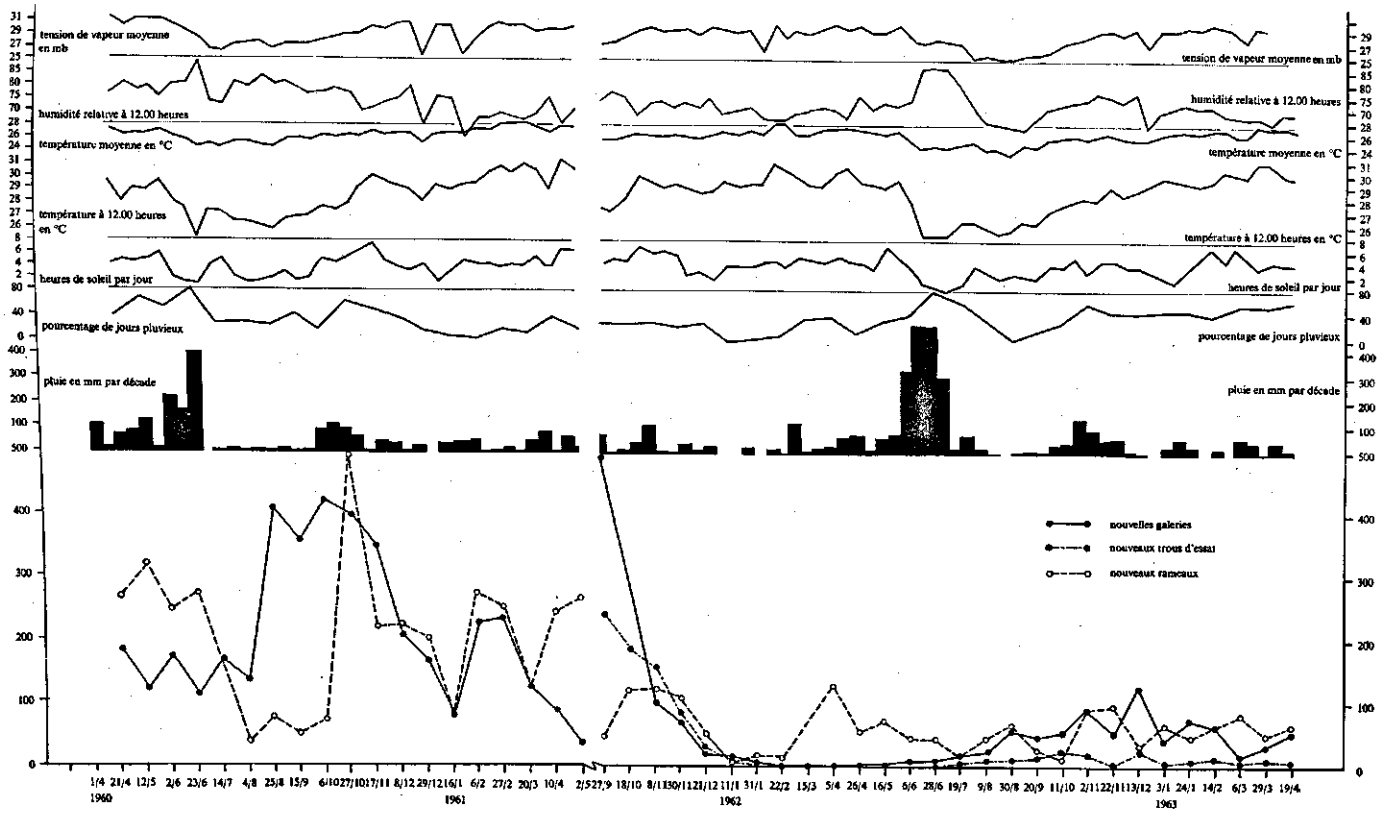


FIGURE 26. Changements dans le nombre de galeries occupées par *X. compactus* Eichh. dans un certain nombre de caféiers (*C. canephora* var. *robusta*) en fonction de quelques données climatiques.

4.1.2.2. Aperçu général des fluctuations observées

La tendance générale est que le nombre de galeries occupées atteint son maximum dans les deux derniers trimestres de l'année. En 1960, une augmentation importante se produit à partir du mois d'août, suivie par un abaissement fin novembre-début décembre. En 1961 l'accroissement n'est pas observé à cause de l'interruption dans les comptages et le changement des arbres observés; la rétrogradation semble déjà avoir lieu le mois d'octobre. En 1962, le maximum du nombre de galeries occupées n'atteint pas un niveau très élevé, ce qui est certainement dû au niveau extrêmement bas au début du déclenchement de l'attaque. L'accroissement se manifeste à partir du mois de juin, la chute à partir de fin décembre.

Ces variations correspondent aux données de VINCENT (1961) et LAVABRE (1962). LAVABRE (1962) ne trouve aucune relation positive entre le nombre de galeries occupées et la température, sauf une moindre abondance des scolytes dans les mois les plus chauds. Selon ses observations le degré d'humidité ne s'avère pas être un facteur important.

La courbe relative aux trous d'essai ne dépasse que pendant une période courte celle des nouvelles galeries (8 nov. 1961 – 21 dec. 1961), la période où a lieu un fort décroissement du nombre de nouvelles galeries correspondant à une haute température et une forte insolation.

4.1.2.3. Influence des facteurs climatiques

En discutant l'influence des facteurs extérieurs sur les femelles on a déjà vu (paragraphe 4.1.1.) que la température à 12.00 heures est optima entre 26,5 et 29°C et pour une humidité à 12.00 heures située entre 72 et 78%. L'influence du degré hygrométrique en dessous de cet optimum semble plus nocive qu'en dessus. Certainement les jours pluvieux et les jours trop ensoleillés sont défavorables à l'attaque.

L'influence défavorable de la pluie sur le nombre de nouvelles galeries se manifeste seulement quand ce facteur agît sur plusieurs jours successifs. Car elle entraine d'abord un arrêt de la sortie des femelles, mais celles-ci peuvent, si les conditions se sont améliorées le lendemain, sortir un jour plus tard. Au contraire si la sortie est retardée pendant plusieurs jours, il faut supposer que la vitalité des jeunes femelles est diminuée. Dans la figure la pluie est indiquée en mm par décade et en pourcentage des jours pluvieux dans les trois semaines précédant les comptages. Les autres données climatiques indiquées sont: insolation journalière en heures, température à 12.00 heures et humidité relative à 12.00 heures.

Du 21/4 au 4/8/1960 le nombre de nouvelles galeries reste à peu près constant, suivi par une très forte augmentation le 25/8. Le nombre plus petit de jours pluvieux ne peut pas expliquer l'accroissement abrupt, car le 14/7 et le 4/8 ce nombre était déjà diminué sans que l'attaque change. Aucun des autres facteurs climatiques ne semble directement responsable de cet agrandissement du nombre de nouvelles galeries. Une diminution importante aussi abrupte que l'accroissement du 25/8 se manifeste du 17/11/1960 au 16/1/1961. Le nombre de

jours pluvieux le 17/11 et le 18/12 ainsi que la forte insolation le 27/10 et le 17/11 et la température excessive le 17/11 et 18/12 expliquent le début de cette descente, mais pas le minimum au 16/1/1961. Aussi la remontée le 27/2 n'est pas expliquée par les données climatiques.

La diminution à partir du 27/2/1961 correspond aux facteurs défavorables: la haute température à 12.00 h., l'humidité relative basse et l'insolation assez importante. À partir du 27/9/1961 le nombre de galeries diminue considérablement et devient minimum vers le 15/3/1962. Ce changement s'explique par les facteurs climatiques de cette période; il coincide avec un grand nombre d'heures de soleil et une température relativement haute. Ces facteurs, plus tard encore combinés avec l'humidité relative basse restent défavorables, même durant le début de la montée de la courbe (16/5–6/6/1962). Ce début ne peut pas être interprété d'une façon satisfaisante par les données climatiques. Du 20/9 au 13/12/1962 la température est favorable à l'attaque. La chute après le 13/12 trouve une explication dans une forte élévation de la température.

La durée du cycle évolutif de *X. compactus* Eichh. observée en laboratoire à 25, 28 et 30°C, n'est que peu influencée par la température. À 25°C elle est environ trois jours plus longue qu'à 28 ou 30°C. Comme la température moyenne est la plus basse juste à l'époque de la pullulation du scolyte, elle ne semble pas trop influencer celle-ci.

Au paragraphe 3.4.5. l'influence de la température sur le développement de l'*Ambrosia* a été démontrée: 28°C se montrait la température optima. Dans les essais d'élevage le plus grand nombre de descendants par femelle a été obtenu aussi à 28°C, c'est-à-dire la moyenne à 25°, 28° et 30°C était respectivement de 12,3, 17,4 et 10,8 descendants par femelle. Les différences entre ces chiffres n'étaient d'ailleurs pas significatives étant donné l'écart-type de ces moyennes.

C'est seulement pendant les périodes les plus sèches (quand l'attaque du scolyte est réduite) que la température moyenne à l'extérieur approche 28°C. Il faudrait du reste des essais très détaillés pour mettre en évidence la corrélation entre la température de l'extérieur et celle dans les rameaux des caféiers permettant une interprétation valable de ce phénomène.

Des captures des scolytes ont été réalisées du 2/9/1962 au 4/3/1963 au moyen de plaques collantes (‚sticky frames'). Des plaques de polyéthylène de 20 × 30 cm, couvertes de glu des deux côtés, étaient pendues verticalement à différentes hauteurs, de 2 à 8 m au-dessus du sol, dans la plantation de caféiers. La figure 27 donne les résultats. Les variations au début de cette courbe correspondent bien à celles de la durée d'insolation. En plus, la baisse au 2/11/1962 coincide à la montée de l'attaque; le même phénomène se répète le 13/12/1962. L'augmentation du nombre de femelles pris en vol après cette date correspond à une température élevée à 12.00 heures. Or, cette figure confirme notre théorie de l'influence du soleil et de la température sur la dispersion des jeunes femelles.

Récapitulant la discussion, il paraît possible d'expliquer en grande partie la diminution du nombre de nouvelles galeries à différentes époques de l'année par l'influence directe des conditions climatiques. Par contre, les accroissements dans le nombre de nouvelles galeries ne sont pas justifiés par l'influence directe

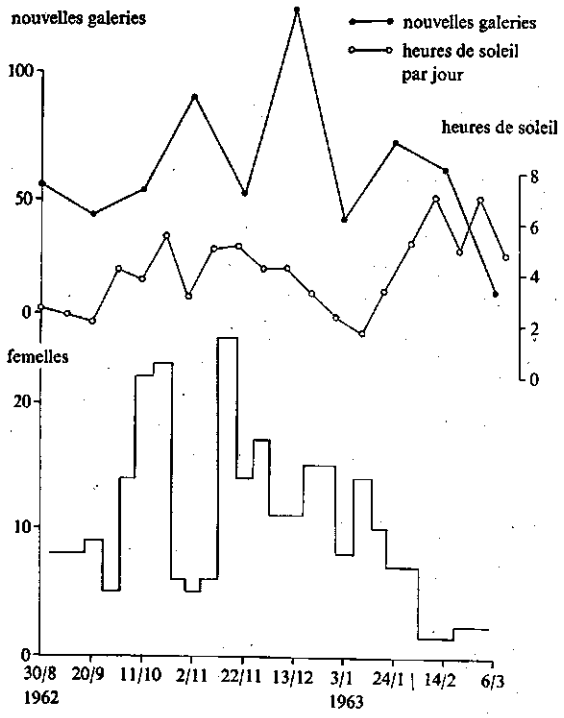


FIGURE 27.
Nombre de femelles de *X. compactus* Eichh. capturées à l'aide de plaques collantes, en fonction de la durée de l'insolation.

du climat sur les jeunes femelles. En conséquence, le nombre de jeunes femelles doit être assujetti à des influences pas encore discutées.

4.1.2.4. Influence des changements physiologiques de la plante

LAVABRE (1962) a relevé les changements physiologiques produits dans le caféier au cours de l'année. En Côte d'Ivoire la méthode du diagnostic foliaire a montré que la teneur de certains éléments dans les feuilles du caféier montre des variations assez régulières au cours de l'année (LOUÉ, 1957). LAVABRE note que la remontée en teneur de N, P et K des feuilles vers avril/mai correspond à l'accroissement de l'attaque par *X. compactus* Eichh.. Le nombre de descendants par femelle, du reste, est plus élevé à l'époque d'une forte attaque. Dans le paragraphe 3.3.3. la preuve a déjà été donnée que les conditions physiologiques de la plante déterminent en grande partie le nombre de descendants par femelle. Nous avons montré que la teneur en sucre pourrait être responsable de ce phénomène. Il est possible aussi que les éléments N, P et K jouent un certain rôle.

Afin d'élucider ce rôle, les analyses suivantes ont été faites: teneur en humidité, en cendres et en N, P, K et Ca. Sur 100 rameaux de *Coffea canephora* Pierre, coupés le matin à huit heures, on a pris, après mensuration, les 1/10, 2/10 et 9/10 comptés à partir de la base pour les faire analyser. La partie intermédiaire était mise dans une boîte à élevage et exposée à l'attaque par *X. compactus* Eichh..

L'analyse statistique des résultats d'analyse ne révèle aucune relation entre un de ces facteurs et l'intensité de l'attaque, ni le nombre de descendants par femelle. Il n'est d'ailleurs pas certain que les changements annuels des teneurs en éléments des feuilles correspondent à des changements identiques dans les rameaux. Les recherches de HERNDLHOFER (1933) prouvent pour *Coffea arabica* L. que la teneur en N dans les branches est maxima un mois avant le maximum dans les feuilles.

Pendant toute la période d'observations la formation de nouveaux rameaux dans les caféiers a été suivie (figure 26). POCHET et HATERT (1962) donnent les critères suivants pourqu'on puisse attendre une bonne croissance végétative: des réserves d'eau dans le sol, une insolation suffisante et un bon déficit de saturation de l'air, constituant un appel d'eau vers les parties aériennes. Si l'on applique ces critères à nos données, les changements dans la formation de rameaux dans le figure 26 s'expliquent assez bien. Comme les sols ne disposent pas d'une trop grande capacité de rétention vis-à-vis de l'eau, ce facteur tombe assez vite à son minimum après les dernières pluies.

Il se trouve que les accroissements du nombre de nouvelles galeries de *X. compactus* Eichh. le 25/8/1960, le 6/2/1961 et en juin 1962 sont précédés par une diminution du nombre de rameaux des caféiers nouvellement formés. L'abaissement de la courbe après le 17/11/1961 est précédé par une augmentation du nombre de rameaux formés et celle du 27/9/1962 au 15/3/1963 correspond aussi d'ailleurs, au début, à une formation intensive de nouveaux rameaux.

La vitesse de développement de nouveaux rameaux coincide donc en certains cas avec les variations annuelles de l'attaque observées. Il se présente, du reste, un laps de temps entre ces deux phénomènes. Cela semble normal, si l'on imagine que l'intensité de la formation des rameaux correspond à certaines conditions physiologiques dans la plante qui seraient traduites par un changement du nombre de descendants par femelle. En conséquence, il faut au moins un délai, nécessaire au développement d'une nouvelle génération, avant qu'un changement physiologique dans la plante se répercute sur la population totale.

Si notre hypothèse est juste, et si l'on admet qu'une plus grande descendance se produit lorsque l'*Ambrosia* trouve un substrat plus riche en certains éléments nutritifs, il faut qu'une diminution dans la formation des rameaux conditionne un tel enrichissement, et qu'une augmentation de celle-ci fasse descendre le taux de certains éléments nutritifs dans la plante.

Nous avons essayé de vérifier cette hypothèse: toutes les six semaines à partir du 9/5/1962 on a coupé deux rameaux du couple 9 et 10 de trente caféiers, variétés de *Coffea canephora* Pierre (le couple placé le plus haut est le no. 1). La moitié de ce matériel est fixée à l'alcool bouillant et l'autre partie est séchée à l'étuve à 105°C. Dans le matériel fixé à l'alcool sont analysés les sucres solubles; dans le matériel sec, la teneur en N, P et K.

Les résultats des analyses sont donnés dans la figure 28 ainsi que la courbe représentant le nombre de rameaux formés. La courbe de la formation des rameaux montre des variations très irrégulières, ce qui rend difficile l'interprétation des relations éventuelles. Le minimum se trouve au 11/10, le maximum au

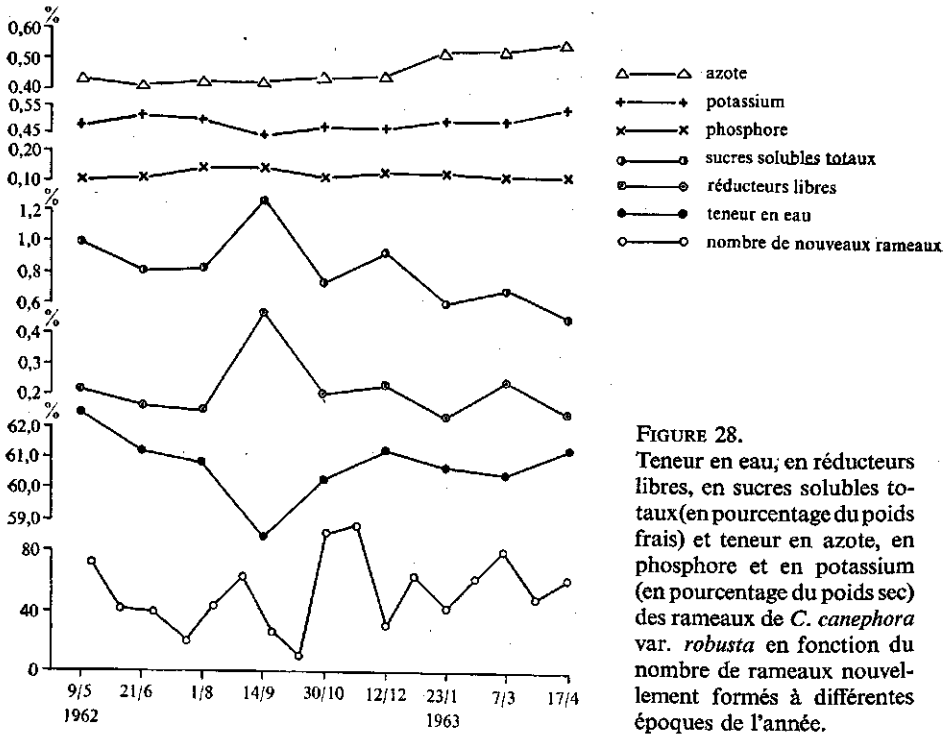


FIGURE 28.
Teneur en eau, en réducteurs libres, en sucres solubles totaux (en pourcentage du poids frais) et teneur en azote, en phosphore et en potassium (en pourcentage du poids sec) des rameaux de *C. canephora* var. *robusta* en fonction du nombre de rameaux nouvellement formés à différentes époques de l'année.

22/11/1962. Les teneurs en N et K restent presque au même niveau, seul la teneur en P monte pendant cette période.

La teneur en réducteurs libres et en sucres solubles totaux atteint un maximum au 14/9/1962. Cette date est voisine de celle du minimum de la courbe de formation des rameaux. Au maximum de cette dernière courbe, le taux des sucres a déjà diminué considérablement. Au 12/12/1962 on trouve peu de nouveaux rameaux, ce qui se manifeste surtout dans une élévation du taux des sucres totaux. Ce taux descend régulièrement pendant la période suivante où le développement des nouveaux rameaux est abondant. Il semble donc que le taux des sucres dans les rameaux descend quand beaucoup de nouveaux rameaux se développent, et qu'il remonte quand il y a un ralentissement de cette formation.

Une relation entre le nombre de nouvelles galeries et la teneur en eau n'est pas évidente avec nos données. BLETCHLY (1962) note ce facteur comme un des agents les plus importants dans l'attaque du bois par les scolytides mycétophages.

Il faut donc surtout envisager le taux en sucres en discutant les variations des attaques du caféier par le scolyte des rameaux. Dans le paragraphe 3.4.5. nous avons d'ailleurs déjà démontré que le nombre de descendants par femelle peut être augmenter en élévant la teneur en glucose des rameaux.

Dans deux plantations le nombre de descendants par femelle est établi à différentes époques. Pour cette raison les galeries ont été mises individuellement

en tubes à essai, et la sortie des jeunes femelles notée. Des galeries de la plantation très bien entretenue de la Société des Plantations Réunies Ouest Africaines (S.P.R.O.A.) sortaient en moyenne en octobre 1962 24,3 femelles, et en février 1963 9,6 par galerie. En octobre, l'attaque dans la plantation était maxima, en février minima. Dans une plantation près de l'I.D.E.R.T., où manquaient tous les soins culturaux, il sortait des galeries en septembre 1962 12,4 femelles en moyenne et en fin janvier 7,7 femelles par galerie.

Dans ces deux cas les galeries contenaient donc plus de femelles à l'époque favorable à l'attaque qu'à l'époque défavorable. Cette différence est la plus forte dans la plantation bien entretenue, où de meilleurs conditions permettent une amélioration plus grande de l'état physiologique de la plante. Ces observations apportent encore une confirmation de notre hypothèse, à savoir que les changements physiologiques de la plante conditionnent le nombre de descendants par femelle.

4.1.2.5. Discussion de la littérature

La multiplicité et la complexité de différents facteurs vis-à-vis des variations annuelles du nombre de galeries occupées de *X. compactus* Eichh. rendent assez difficile la discussion des données trouvées dans la littérature. Les changements importants dans l'intensité de l'attaque et surtout dans l'accroissement de celle-ci s'expliquent en grande partie par les variations physiologiques dans la plante dues aux modifications des conditions climatiques. La diminution de cette intensité semble due surtout à l'influence directe des conditions climatiques défavorables aux jeunes femelles, c'est-á-dire longue durée de l'insolation et haute température à midi. Ces conditions sont prédominantes pendant la période sèche, de décembre jusqu'en avril.

D'après ROBERTS (1961 b) les grandes pullulations de scolytides mycétophages au Ghana coincident avec les précipitations avec un décalage d'environ trois mois. En Côte d'Ivoire, CACHAN (1957) pourrait interpréter l'influence de la pluie et de la température, s'il tenait compte d'un écart de quatre à cinq semaines. L'arrêt de l'attaque du théier par *X. fornicatus* Eichh. a été attribué aux facteurs qui augmentent le pourcentage de femelles quittant leur galerie sans avoir pondu des oeufs (GADD, 1941).

Il semble qu'il s'agisse ici d'une influence indirecte comme chez *X. compactus* Eichh., mais seules les recherches sur le nombre de descendants par femelle à différentes époques de l'année peuvent montrer si nos conclusions sont valables également pour les autres scolytides mycétophages.

La corrélation positive entre les précipitations et l'attaque par *X. compactus* Eichh. signalée par BETREM (1930), n'est pas confirmée par nos observations. On peut dire que l'humidité assez grande de l'air favorise l'attaque, mais cela n'est pas toujours en relation directe avec les précipitations en Basse Côte d'Ivoire. Une grande humidité semble d'ailleurs généralement favorable à l'attaque par les scolytides mycétophages (BROWNE, 1949). D'après DUPORT (1911), au Tonkin, *X. compactus* Eichh. se multiplie au début de la saison chaude, et seule une humidité persistante lui permet de se propager au point de devenir dangereux.

De fortes variations saisonnières sont aussi trouvées à Ceylan (SPEYER, 1923), où la saison humide permet la pullulation du scolyte.

SPEYER (1923) et BETREM (1930) notent cependant que les dégâts se présentent surtout pendant la période sèche quand les rameaux attaqués au cours de la saison humide meurent par suite de la sécheresse. Nous avons discuté déjà de l'intervalle qui s'écoule entre l'attaque même et la flétrissure complète d'un rameau (paragraphe 2.3.1.). Il semble que ce temps peut varier d'une époque à l'autre.

La figure 29 donne les durées de cette période pour nos comptages du 21/4/1960 au 2/5/1961. On voit qu'il n'y existe aucune indication d'un délai dans

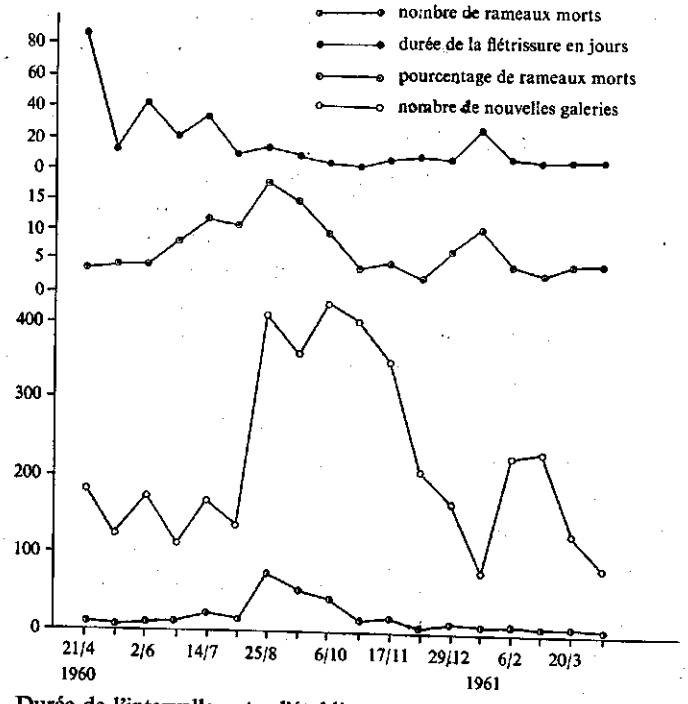


FIGURE 29. Durée de l'intervalle entre l'établissement d'une galerie de *X. compactus* Eichh. dans un rameau de *C. canephora* var. *robusta* et la mort de ce rameau à différentes époques de l'année, en relation avec le nombre de nouvelles galeries et pourcentage et nombre de rameaux morts.

l'apparition des symptômes de l'attaque en saison humide. Nous avons tiré la conclusion que les conditions physiologiques de la plante sont partiellement responsables des fluctuations dans les populations de *X. compactus* Eichh.. L'accroissement de la population correspondrait aux conditions meilleures pour le développement de l'*Ambrosia*. On a déjà discuté du caractère pathogène de l'*Ambrosia* vis-à-vis de la plante. Dans la figure 29, il est clair que le pourcentage de rameaux morts est maximum juste avant, ou pendant, le début de la plus forte attaque. Or, la croissance plus intensive de l'*Ambrosia* se manifeste non

seulement par un nombre plus grand de scolytes, mais aussi par un plus haut pourcentage de rameaux morts. Ce qui confirme notre hypothèse sur le caractère pathogène de l'*Ambrosia*.

Au Nigéria, les cacaoyers en pépinière sont surtout attaqués par *X. compactus* Eichh. pendant la saison sèche (ANONYME, 1960; ENTWISTLE, 1960). Il est peu probable que l'influence directe du climat sur les jeunes femelles y soit autre qu'en Côte d'Ivoire. Le plant même doit donc être principalement responsable de l'attaque à cette époque. Les jeunes cacaoyers attaqués réagissent par une production de gommes en assez grande quantité (DONALD, 1960; ENTWISTLE, 1962). Il est possible que cette production constitue une barrière quasi complète pendant la saison humide et que cette production soit ralentie en saison sèche. Des recherches extensives seront nécessaires afin de vérifier cette conclusion. À part cette moindre production de gommes, il semble que les conditions dans les plants sont peu favorables pendant la saison sèche, car seulement 35% des attaques aboutissent à une galerie complète (ENTWISTLE, 1962).

4.2. ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES FEMELLES DE *XYLEBORUS COMPACTUS* EICHH. EN RELATION AVEC SES PLANTES-HÔTES

Dans les paragraphes précédents nous avons surtout examiné l'influence des facteurs climatiques sur l'attaque des caféiers par le scolyte des rameaux. Dans ce chapitre nous analyserons plus en détail l'association de *X. compactus* Eichh. avec certaines plantes-hôtes. D'abord nous analyserons le comportement des femelles au niveau de la population, et ensuite nous étudierons le comportement individuel des femelles.

4.2.1. *Analyse de l'attaque totale dans une plantation de caféiers*

Le comportement d'une population de *X. compactus* Eichh. a été observé dans une plantation agée d'environ deux ans. Cette plantation comprenait au total 1250 caféiers, disposés en 50 lignes de 25 plantes.

On constate généralement que le nombre de galeries occupées dans les caféiers est très variable d'une plante à l'autre. L'origine de cette variabilité devient claire si l'on suit l'attaque sur les arbres individuellement. En conditions favorables à l'attaque (climat optimum et plante attractive) la majorité des jeunes femelles venant de sortir de la galerie-mère restent dans les environs immédiats de celle-ci, et d'habitude elles ne s'envolent pas. Elles commencent assez vite à creuser une nouvelle galerie dans le même caféier. Ainsi l'attaque monte-t-elle par sauts atteignant son maximum en une plante très attaquée. Quand le nombre de galeries a atteint ce maximum, il descend plus au moins vite à zéro. La plante doit avoir perdu son attraction pour le scolyte. Souvent après une attaque forte il ne reste qu'une petite quantité de rameaux, la plante a un aspect maladif et la couleur vert brillant des feuilles est changée en un vert mat. Le tableau 18 donne quelques exemples du processus décrit ci-dessus.

Une forte attaque se produit donc seulement avec les femelles nées sur la même plante; elle est précédée par l'attaque de quelques fondatrices venant

TABLEAU 18. Nombre de galeries occupées de *X. compactus* Eichh. sur certains caféiers (*C. canephora* var. *robusta*) à différentes dates.

Numéro du caféier	24-8 1962	29-9 1962	7–11 1962	14-12 1962	20-1 1963	25-2 1963
1	0	5	110	10	0	0
2	0	8	65	25	10	0
3	0	0	3	95	15	10
4	0	3	5	25	0	0
5	0	0	20	125	0	0
6	0	1	9	85	3	0
7	0	0	10	130	10	10
8	0	3	10	115	3	10
9	5	85	130	0	5	0
10	3	5	105	10	5	5
11	20	115	5	0	6	10
12	10	130	8	3	0	0
13	10	85	3	0	0	0
14	0	5	80	3	0	0
15	0	0	0	5	110	0
16	0	0	1	20	125	1

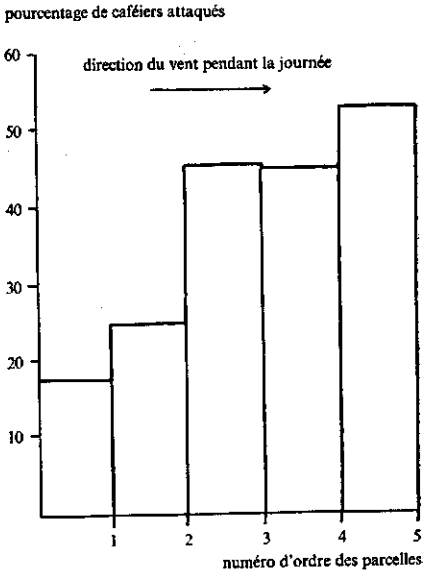
d'une autre plante-hôte. Cette concentration d'attaques des jeunes femelles tout près de la galerie-mère peut quelquefois se manifester par l'attaque d'un seul pied dans un caféier à plusieurs pieds. Les femelles de *X. destruens* Bldf. montrent aussi cette affinité pour la plante-hôte où est établie la galerie-mère (KALSHOVEN, 1961 a).

Les jeunes femelles de *X. compactus* Eichh. n'ont donc pas obligatoirement un vol de dispersion comme chez *Trypodendron lineatum* Oliv. (CHAPMAN, 1958) et chez *Doliopygus conradti* Strohm. (BROWNE, 1962).

Il semble que les jeunes femelles, quand elles s'envolent, sont surtout transportées par le vent. En Basse Côte d'Ivoire la direction du vent est peu variable; pendant la journée elle est presque uniquement du sud vers la nord. Comme les femelles volent le jour, on a pu vérifier ce transport. Des plaques en polyéthylène de 20 × 30 cm, recouvertes de glu des deux côtés, ont été suspendues perpendiculairement à la direction du vent. C'est seulement du côté du vent, qu'on a capturé des femelles de *X. compactus* Eichh.. Ainsi le vent a-t-il une influence très nette sur la répartition de l'attaque dans la plantation. Une division de la plantation est faite selon cinq blocs parallèles situés l'un derrière l'autre perpendiculairement à la direction du vent. La figure 30 montre l'attaque exprimée en pourcentage de caféiers attaqués dans chacun de ces blocs. Le bloc situé du côté du vent est le moins attaqué, et l'attaque s'accroit régulièrement dans les blocs successifs. Le transport des scolytides par le vent a aussi été noté par VITÉ et GARA (1962).

Dans quelques comptages successifs, on a trouvé au maximum, dans une période de cinq semaines, un doublement du nombre de nouvelles galeries. Comme une femelle donne naissance à au moins dix autres en cinq semaines,

FIGURE 30.
Répartition de l'attaque des caféiers (*C. canephora* var. *robusta*) par *X. compactus* Eichh. en relation avec la direction du vent.



quatre-vingt pourcent d'entre elles n'ont pas réussi à construire une nouvelle galerie dans la même plantation. Une partie doit avoir trouvée la mort, et une autre partie a certainement quitté la plantation. Les scolytes qui meurent sont peut-être saisis en plein vol par des oiseaux, ou bien tombent sur le sol où ils deviennent surtout la proie de fourmis.

Cinq rectangles de coton fixés sur un cadre en bois d'un mètre carré ont été placés horizontalement dans la plantation afin de recueillir les scolytes qui tombent au sol. Le rapport des individus capturés sur le nombre de femelles présentes durant la même période indique qu'environ 15% de celles-ci tombent au sol. Le nombre de femelles présentes est connu par le comptage du nombre de galeries occupées dans toute la plantation.

Les femelles en vol ont été capturées au moyen des pièges collants décrits ci-dessus. On a installé ces pièges à différentes hauteurs au-dessus du sol. Le tableau 19 donne les captures du 15/10/1962 au 4/3/1963.

La plupart des femelles sont capturées à proximité des caféiers, mais elles peuvent atteindre des hauteurs d'au moins 17 m. Vu la petite taille de *X. compactus* Eichh. et la hauteur à laquelle elles volent, les femelles sont certainement transportées assez loin par le vent.

Au côté nord de la plantation se trouvait un terrain planté des graminées, où nous avons placé des pièges à 100 et 200 m de la plantation. Durant la même période que ci-dessus nous avons attrapé avec ces pièges respectivement 1,6 et 1,4 femelles par piège. La capture dans la plantation était en moyenne 6,2 femelles par piège; or le nombre de femelles à 200 mètres de la plantation était environ 25% de celui dans la plantation. La différence entre les captures dans les pièges à 100 et 200 m étant si faible, il semble que les femelles puissent se

TABLEAU 19. Captures des femelles de *X. compactus* Eichh. à différentes hauteurs.

Hauteur en mètres	Nombre de pièges	Nombre de femelles capturées	Nombre de femelles par piège
2	6	77	12,8
3	6	58	9,7
4	9	53	5,9
5	3	21	7,0
6	3	24	8,0
7	3	13	4,3
8	6	31	5,2
9	3	3	1,0
11	3	3	1,0
14	3	8	2,7
17	3	5	1,7
Totaux	48	296	6,2

disperser encore plus loin. Ces chiffres font supposer qu'une grande partie, sinon la majorité des femelles en vol quittent la plantation et doit trouver une plante-hôte ailleurs.

Habituellement nos observations ont été faites dans des plantations sans ombrage. À la S.P.R.O.A. à Gagnoa nous avons coupé dans une partie de la plantation les arbres de *Leucaena glauca* (L.) Benth. afin de déterminer l'effet d'ombrage de ceux-ci sur l'attaque. BETREM (1931 d) et S'JACOB (1934) ont noté une diminution du nombre de rameaux morts en plantations avec un ombrage suffisant. Les caféiers ont été plantés en 1959; les comptages ont eu lieu fin 1962 et début 1963. Tout l'ombrage de deux carrés de 7 par 7 arbres étant coupé, on a pris en observation les 25 arbres au milieu de chaque carré. Comme témoin on a observé 25 arbres dans deux carrés ombragés. L'intensité de la lumière est mesurée à un mètre au-dessus du sol dans la ramure de l'arbre à côté du tronc. En jour ensoleillé dans les caféiers sans ombrage elle était d'environ 17.000 lux et dans les caféiers ombragés d'environ 4.000 lux. Le tableau 20 exprime l'inten-

TABLEAU 20. Influence de l'ombrage sur l'attaque de *C. canephora* var. *robusta* par *X. compactus* Eichh., et sur l'intensité des dégâts.

Date	Avec ombrage		Sans ombrage	
	Galeries occupées	Rameaux morts	Galeries occupées	Rameaux morts
3/9 1962	104	5	168	11
12/10 1962	675	55	744	105
12/11 1962	933	193	1001	301
7/12 1962	388	217	495	336
28/1 1963	78	336	96	431
18/3 1963	21	339	1	432
Totaux	2199	339	2505	432

sité de l'attaque par le nombre de galeries occupées sur 50 caféiers à différentes époques de l'année, ainsi que par le nombre de rameaux morts.

Dans cet essai l'influence de l'ombrage sur l'attaque ne semble pas très grande. Avec ombrage le total des galeries est moins élevé, mais étant donné l'attaque au début, l'activité des scolytes a été plus élevée que dans la partie de la plantation sans ombrage (le facteur de multiplication est resp. 21 et 15). En outre, sous ombrage, la diminution de la population est moins rapide. Le rapport nombre de rameaux morts par nombre de galeries occupées est seulement un peu plus élevé dans les caféiers sans ombrage, soit 17% pour 15% dans la plantation ombragée.

4.2.2. *Facteurs sensoriels de la relation Xyleborus compactus Eichh. – plante-hôte*

Dans ce paragraphe les facteurs éthologiques du liaison de *X. compactus* Eichh. à sa plante-hôte seront analysés plus en détail. Ce sont seulement les plantes dans lesquelles la femelle creuse sa galerie et où elle pond des oeufs que nous considérons comme plantes-hôtes.

Dans le chapitre 2 une liste a été donnée des plantes-hôtes signalées dans la littérature, completée par nos propres observations. Pour l'ensemble de l'Asie et de l'Afrique, cette liste comprend 120 espèces de plantes réparties sur 39 familles. Il semble d'ailleurs que cette liste soit loin d'être complète, car nous avons régulièrement recueilli des nouvelles plantes-hôtes, jusqu'à la fin de notre séjour en Côte d'Ivoire. Chaque recherche attentive aboutissait à des nouvelles espèces.

X. compactus Eichh. n'est donc pas très sélectif dans son choix de la plante-hôte, ou autrement dit, plusieurs plantes se montrent aptes à satisfaire aux exigences du scolyte.

4.2.2.1. Caractères morphologiques des plantes-hôtes

D'après tout le matériel que nous avons trouvé, il est possible de discerner trois caractéristiques communes aux différentes plantes-hôtes, à savoir:

a. les galeries ont toujours été trouvées dans des rameaux ou des tiges d'un faible diamètre (2,5 à 15 mm)

b. les parties des plantes où les galeries se trouvent se révélaient toujours démunies de pilosité. Avant de creuser sa galerie la femelle parcourt la surface du rameau et les poils la gêneraient certainement dans ce comportement

c. si les plantes produisaient de la gomme, de la résine ou d'autres substances s'écoulant par l'orifice de pénétration, la femelle quitterait la galerie d'entrée, et on ne trouverait que des trous d'essai remplis de ces secrétions.

Pourtant dans trois espèces de plantes normalement productrices de gommes on a trouvé des fondatrices avec couvain. Mais contrairement aux autres plantes-hôtes, celles-ci n'étaient attaquées que lorsqu'elles étaient dans un état déficient. Sur *Baphia nitida* Lodd., on n'a trouvé que des trous d'essai lorsque la plante était en plein vigueur, mais dans les rameaux fraîchement coupés on a observé aussi des galeries complètes. Le même phénomène se présente chez

Hevea brasiliensis (Kunth.) Müll. Arg. et *Landolphia hirsuta* (Hua) Pichon.

L'anatomie des parties végétales où l'on trouve des galeries montre une grande diversité. Bien que la plupart des galeries se trouvent dans des rameaux très semblables, on en a remarqué plusieurs sur des lianes et même dans deux cas sur des petioles, notamment chez *Khaya ivorensis* A. Chev. et *Entandrophragma utile* (Dawe et Sprague) Sprague.

Dans l'étude anatomique de bois sensibles et non-sensibles aux attaques de *Trypodendron lineatum* Oliv., BLETCHLY et WHITE (1962) n'ont trouvé aucune différence.

La construction d'une galerie dans un rameau de caféier a déjà été décrite. La femelle traverse d'abord les tissus corticaux et le xylème avant de creuser sa galerie dans la moelle. C'est dans la moelle que germent les spores de l'*Ambrosia*. La galerie est en général allongée dans la direction longitudinale du rameau, et le diamètre de cette galerie correspond à celui de la moelle. Dans certains cas ce diamètre ne dépasse guère celui du trou d'entrée (entre autres chez *Hugonia platysepala* Welw. ex Oliv.). Chez certaines plantes-hôtes la galerie de *X. compactus* Eichh. n'est pas creusée exclusivement dans la moelle. Parfois elle se trouve aussi dans le xylème, par exemple chez *Annona muricata* L., *Uvaria tortilis* A. Chev. ex Hutch. et Dalz. et *Glyphaea brevis* (Spreng.) Monachino. Dans le cas de ces plantes, la forme des galeries devient souvent très irrégulière. Chez *Premna* sp. et *Landolphia hirsuta* (Hua) Pichon la galerie se trouve exclusivement dans le xylème. Ce sont certainement les conditions nécessaires à la germination et au développement de l'*Ambrosia*, qui déterminent surtout l'emplacement de la galerie.

La liste des plantes-hôtes ne fournit aucun renseignement sur le mécanisme par lequel la jeune femelle trouve et accepte une nouvelle plante-hôte. La plante doit réunir en soi deux qualités très probablement différentes:

a. être attractive pour les jeunes femelles

b. présenter des conditions favorables à la germination et la croissance de l'*Ambrosia*.

Plusieurs auteurs ont apporté la preuve d'une attraction olfactive des plantes-hôtes sur certains scolytides mycétophages: *Platypus auricomus* Schauf. (CACHAN, 1957), *Xyloterus lineatum* Ol. (CHARARAS, 1961), *Gnatotrichus retusus* Lec., *Xyleborus saxeseni* Ratz. et *Trypodendron lineatum* Oliv. (CHAPMAN, 1963).

Nous avons déjà vu qu'une forte attaque d'un caféier résulte normalement de l'installation d'une ou deux femelles venues d'ailleurs, suivie par l'attaque massive des jeunes femelles sortant de ces galeries-mères.

4.2.2.2. Essais en champs

Quelques essais ont été faits afin d'établir la nature d'une attraction éventuelle de la plante-hôte sur *X. compactus* Eichh.. Dans la plantation, l'attraction olfactive a été etudiée comme suit. On a mis des rameaux frais de caféier (*Coffea canephora* var. *robusta* Inéac) dans un cylindre de grillage de cuivre à mailles fines, de diamètre de 20 cm et de longueur de 70 cm; le grillage étant à moitié

couvert par des bandes de polyéthylène enduites de glu. Ce cylindre était suspendu à environ deux mètres au-dessus des caféiers. Dans deux cylindres on a renouvelé toutes les semaines les rameaux; deux autres restaient vides. On pourrait s'attendre à ce que les femelles attirées par l'odeur des branches soient capturées partiellement sur les bandes engluées.

Les cylindres contenant des branches de caféier capturaient 40 femelles de *X. compactus* Eichh.; les cylindres vides 10. Ces résultats indiquent qu'un sens olfactif joue un rôle dans le choix d'une plante-hôte. Outre cette attraction olfactive la forme et la couleur des plantes sont peut-être aussi importantes dans l'attractivité de celles-ci. Des billes de *Terminalia superba* Engl. et Diels peintes en rouge sont plus attaquées par les scolytes mycétophages que celles peintes en vert ou jaune (ENTWISTLE, 1963).

Les mêmes plaques collantes, utilisées à capturer les femelles à différentes hauteurs, ont été suspendues horizontalement à 50 cm au dessus de 9 caféiers; comme témoin 9 autres ont été suspendues à la même hauteur dans des zônes vides de la plantation. Il n'y avait que peu de femelles capturées, mais les chiffres obtenus pour les côtés supérieurs ne montraient aucune préférence du scolyte pour les plaques au-dessus des caféiers. Les plaques au-dessus des zônes vides capturaient autant de femelles du côté supérieur que du côté inférieur. Mais au-dessus des caféiers, le côté inférieur capturait environ 4 fois de plus de femelles que le côté supérieur. La fraction des femelles entrant dans un caféier est donc beaucoup plus petite que la fraction sortante. D'après les chiffres du développement de l'attaque on pouvait déjà prévoir cette situation.

L'essai de l'attraction par une couleur déterminée a été fait en mettant des bacs d'une surface de $\frac{1}{2}$ m^2, remplis d'eau et peints en jaune, rouge, vert ou bleu dans la plantation. Ces bacs ne montraient aucune attraction pour les femelles de *X. compactus* Eichh..

Ces essais en champs nous conduisent à la conclusion que les femelles sont attirées par un facteur olfactif; l'attraction par la forme ou la couleur ne pouvait pas être démontrée.

Ces essais ont été complétés par les observations suivantes dans la plantation. Nous avons posé des femelles venant de sortir des galeries-mères sur différentes plantes-hôtes:

a. sur un *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac dans lequel plusieurs galeries fraîchement creusées étaient présentes. Les 18 femelles observées se comportaient comme suit:

8 commençaient à tarauder un trou d'entrée après en moyenne 12 minutes,

5 s'envolaient après en moyenne 12 minutes,

5 parcouraient pendant plus que 25 minutes les rameaux; après 25 minutes on ne les a plus observées.

b. sur un *Coffea liberica* var. Buitenzorg. Les 14 femelles observées se comportaient comme suit:

1 commençait à creuser un trou d'entrée après 30 minutes, 13 s'envolaient après en moyenne 1 minute.

Donc le pourcentage de femelles qui commencent à creuser un trou d'entrée

est beaucoup plus petit chez *Coffea liberica* var. Buitenzorg; les autres femelles d'ailleurs s'envolent beaucoup plus vite que sur *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac.

Les femelles montraient un comportement pareil sur deux caféiers de *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac dont l'un seulement semblait attractif:

a. un caféier ayant quelques vieilles galeries et plusieurs galeries fraîchement creusées. Sur 6 femelles sortant d'une galerie-mère, 5 commençaient à creuser un trou d'entrée après en moyenne 24 minutes et 1 s'envolait après 26 minutes.

b. un caféier ayant seulement des vieilles galeries. Toutes les 8 femelles sortant d'une galerie-mère s'envolaient après en moyenne 6 minutes.

Il s'avère donc que, à part l'attraction olfactive des femelles en vol par des plantes-hôtes convenables, les femelles posées sur une plante attractive montrent une plus grande tendance à y rester que celles posées sur des plantes apparemment moins attractives.

Aussitôt qu'une femelle est posée sur une branche, elle commence à parcourir celle-ci et ses antennes oscillent continuellement. Toutes les 10 à 15 secondes elle s'arrête et mord l'épiderme avec ses mandibules.

4.2.2.3. Essais en laboratoire

Le rôle de l'olfaction dans l'orientation des femelles vers leur plante-hôte a été analysée au laboratoire à l'aide du ‚screen test' (DETHIER, 1937). Le principe de ce test est le suivant: on offre à l'insecte le matériel dont on veut connaître l'attraction après l'avoir couvert de tulle (dans nos essais un grillage de cuivre à mailles très fines) afin d'éviter le contact direct de l'insecte. On suit alors les déplacements de celui-ci, placé sur le grillage. En pratique, le couvercle d'une boîte de Pétri (diamètre 23 cm) est rempli à moitié des rameaux ou feuilles de plantes à tester. Le tout est couvert de grillage de cuivre à mailles fines, au milieu duquel les femelles sont placées. Le couvercle d'une autre boîte de Pétri est posé sur le grillage et, afin d'éviter que le phototropisme de l'insecte ne joue un rôle pertubateur, on surmonte la boîte d'un cylindre de carton. Après cinq minutes d'attente la distribution des femelles sur la surface est déterminée. Chaque expérience est répétée dix fois. Dans les tableaux suivants les probabilités de transgression, P, sont données pour les totaux. Les résultats seront considérés significatifs si $P \leqslant 0{,}05$.

Dans les deux premiers essais le grillage est remplacé par une vitre afin de démontrer si la couleur ou la forme du fond jouent un rôle dans l'orientation des femelles sur les feuilles ou les rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta*. Dans l'essai 1 la moitié est remplie de rameaux et dans l'essai 2, de feuilles de C. *canephora* var. *robusta* Inéac. Dans l'essai 3 une moitié est garnie d'un papier filtre mouillé et l'autre d'un papier filtre sec. (tableaux 21, 22 et 23). Dans ces essais la différence n'est pas significative. Il est donc très improbable qu'il y ait une influence de la couleur et de la forme du fond ou de l'humidité de l'atmosphère sur le comportement des femelles.

Les résultats des tests suivants sont donnés aux tableaux 24, 25, 26 et 27.

TABLEAU 21/22. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre la moitié vide et la moitié garnie de rameaux resp. de feuilles de *C. canephora* var. *robusta*, l'une et l'autre étant couvertes d'une vitre.

	Essai 1 Nombre de femelles au-dessus de la moitié			Essai 2 Nombre de femelles au-dessus de la moitié	
	vide	garnie de rameaux du caféier		vide	garnie de feuilles du caféier
	106	94		108	92
	97	103		104	96
	98	102		97	103
Total	301	299	Total	309	291
Indice	101	100	Indice	106	100
P	0,98>P>0,95		P	0,50>P>0,10	

TABLEAU 23. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre papier filtre mouillé et papier filtre sec, couverts de grillage de cuivre à mailles fines.

	Essai 3 Nombre de femelles au-dessus de	
	papier filtre mouillé	papier filtre sec
	96	104
	97	103
	113	87
Total	306	294
Indice	100	96
P	0,90>P>0,50	

Quand rien n'est indiqué, ils ont tous été faits dans les conditions de milieu du laboratoire (28 à 30°C).

Les essais 4 et 5 indiquent une forte attraction olfactive des rameaux de *robusta* Inéac, indépendante de la température.

Les essais 6 et 7 montrent que les feuilles de *robusta* Inéac exercent une forte attraction olfactive sur les femelles, plus forte même que celle des rameaux.

4.2.2.4. Essais comparatifs de l'attraction de deux variétés de *Coffea*

Dans le chapitre 2. il a été démontré qu'il existe une grande différence entre l'attaque de différentes espèces de *Coffea*. Par exemple *Coffea liberica* Bull ex Hiern est habituellement peu attaqué en comparaison de *Coffea canephora* var.

TABLEAU 24/25. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre la moitié vide et la moitié garnie de rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, l'une et l'autre étant couvertes de grillage de cuivre à mailles fines. Température resp. 30° et 25°C.

	Essai 4 Température 30°C Nombre de femelles au-dessus de la moitié			Essai 5 Température 25°C Nombre de femelles au-dessus de la moitié	
	garnie de rameaux de *robusta* Inéac	vide		garnie de rameaux de *robusta* Inéac	vide
	128	72		138	62
	133	67		123	77
	131	69		130	70
Total	392	208	Total	391	209
Indice	100	53	Indice	100	53
P	<0,001		P	<0,001	

TABLEAU 26/27. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre la moitié vide et la moitié garnie de feuilles (Essai 6), resp. entre feuilles et rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, (Essai 7), couverts de grillage de cuivre à mailles fines.

	Essai 6 Nombre de femelles au-dessus de la moitié			Essai 7 Nombre de femelles au-dessus de la moitié	
	garnie de feuilles de *robusta* Inéac	vide		garnie de feuilles de *robusta* Inéac	garnie de rameaux de *robusta* Inéac
	152	48		130	70
	145	55		134	66
	139	61		125	75
Total	436	164	Total	389	211
Indice	100	38	Indice	100	54
P	<0,001		P	<0,001	

robusta Inéac. Dans les essais 8 et 9 ces deux espèces ont été comparées en ‚screen-test' (tableaux 28 et 29).

Les rameaux et les feuilles de *robusta* Inéac sont donc plus attractifs que ceux de *liberica* Buitenzorg. La comparaison des indices des essais 5–6 et 8–9 mets d'ailleurs aussi en évidence une certaine attractivité de *liberica* Buitenzorg.

La préférence des femelles pour les rameaux et les feuilles de *robusta* Inéac peut être la résultante de deux réactions différentes:

TABLEAU 28/29. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre rameaux, resp. feuilles de *C. canephora* var. *robusta* et feuilles de *C. liberica* var. Buitenzorg, couverts de grillage de cuivre à mailles fines.

	Essai 8 Nombre de femelles au-dessus de			Essai 9 Nombre de femelles au-dessus de	
	rameaux de *robusta* Inéac	rameaux de *liberica* Buitenzorg		feuilles de *robusta* Inéac	feuilles de *liberica* Buitenzorg
	112	88		115	85
	106	94		125	75
	112	88		108	92
Total	330	270	Total	348	252
Indice	100	82	Indice	100	72
P	0,02>P>0,01		P	<0,001	

a. attraction des femelles par certains odeurs
b. inhibition de la locomotion des femelles.

Afin de décider laquelle de ces deux possibilités est la plus importante, nous avons étudié le nombre de vols des femelles placées sous différentes conditions. Une boîte de Pétri est remplie de feuilles de *robusta* Inéac ou de feuilles de *liberica* Buitenzorg. Ensuite 10 femelles sont mises sur le grillage et enfermées avec un couvercle d'une autre boîte de Pétri. Pendant 10 minutes le nombre d' envols des dix femelles est enrégistré. L'essai est répété dix fois, chaque fois avec dix femelles différentes.

De la même façon nous avons comparé le nombre d'envols au-dessus de:
- feuilles de *robusta* Inéac et boîte de Pétri vide (5 répétitions)
- rameaux de *robusta* Inéac et rameaux de *liberica* Buitenzorg (4 répétitions)
- rameaux de *liberica* Buitenzorg et boîte de Pétri vide (2 répétitions).

Le tableau 30 donne les résultats totaux de ces observations.

TABLEAU 30. Nombre d'envols de 10 femelles de *X. compactus* Eichh. pendant 10 minutes dans une boîte de Pétri au-dessus de différents substrats.

	Nombre d'envols		Indices	
Feuilles de *robusta* Inéac	926		99	
Feuilles de *liberica* Buitenzorg		934		100
Rameaux de *robusta* Inéac	240		59	
Rameaux de *liberica* Buitenzorg		409		100
Feuilles de *robusta* Inéac	356		71	
Boîte de Pétri vide		500		100
Rameaux de *liberica* Buitenzorg	202		105	
Boîte de Pétri vide		192		100

Ce tableau montre que la préférence des femelles constatée pour les feuilles de *robusta* Inéac (tableau 29) ne résulte pas d'une inhibition de l'envol plus forte que chez *liberica* Buitenzorg. Le nombre de vols au-dessus de feuilles de *robusta* Inéac est moins grand qu'au-dessus d'une boîte vide, donc une certaine inhibition de l'envol ne peut pas être exclue. Mais la préférence pour les feuilles de *robusta* Inéac, supérieure à celles de *liberica* Buitenzorg, doit donc résulter d'une attraction olfactive plus forte des feuilles de *robusta* Inéac sur les femelles.

Par contre, la préférence des femelles pour les rameaux de *robusta* Inéac (tableau 28) semble trouver une explication dans l'inhibition de l'envol de celles-ci une fois atterries sur ces rameaux. Cette inhibition de l'envol ne joue pas d'une façon importante chez *liberica* Buitenzorg, car le nombre de vols au-dessus de rameaux de *liberica* Buitenzorg, comparé avec le nombre de vols au-dessus d'une boîte vide, ne montre pas une grande différence. LOSCHIAVO, BECK et NORRIS (1963) notaient une concentration de *Scolytus multistriatus* (Marsham) sur papier filtre imprégné des extraits de l'écorce de l'orme. Cette concentration serait le résultat de l'inhibition de la locomotion après contact avec ces extraits.

Les résultats de ces ‚screen-tests' concordent avec les informations obtenues en champs; elles amènent aussi à la conclusion que les facteurs olfactifs sont les mécanismes régulateurs dans le déterminisme des attaques des femelles de *X. compactus* Eichh.. Les femelles s'orientent vers une plante-hôte par l'attraction olfactive, et ensuite une action inhibitrice sur l'envol fait qu'elles restent sur cette plante-hôte.

4.2.2.5. Rôle des antennes dans la perception de la plante-hôte

Par l'ablation des antennes des femelles, la fonction de ces organes dans l'orientation vers une plante-hôte a été analysée. Pour cela on a utilisé le ‚screen-test' sur feuilles et rameaux de *robusta* Inéac; avec par test 10 femelles (tableaux 31 et 32).

Dans ces deux essais la différence n'est pas significative. Il n'est plus question d'une préférence des femelles ni pour les feuilles, ni pour les rameaux. Le sens olfactif est donc localisé dans les antennes, GRAHAM et WERNER (1956) ont aussi remarqué chez *Trypodendron* sp. que les femelles dont les antennes avaient été coupées ne s'orientaient plus vers les endroits attractifs.

4.2.2.6. Acceptation de la plante-hôte

Plusieurs auteurs ont envisagé le rôle de l'écorce comme protecteur et retardateur de l'envahissement des arbres par les scolytides mycétophages (BUCHANAN, 1941; HENRARD, 1952; CACHAN, 1957; WEBB et JONES, 1957). Normalement les bois écorcés sont attaqués plus fréquemment. BROWNE (1952) suppose que l'odeur attractive est à son origine dans le xylème, et qu'elle est masquée par l'écorce. Ainsi s'expliquerait également l'action stimulante de certains insecticides. Ils rendraient l'écorce plus perméable aux odeurs attractives et entraineraient alors une attaque plus fréquente.

Quelquefois, quand les rameaux de caféiers étaient écorcés par endroits, les galeries de *X. compactus* Eichh. étaient justement établies là. Dans les boîtes à

TABLEAU 31/32. Résultats de 3 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles antennectomisées de *X. compactus* Eichh. entre la moitié vide et la moitié garnie de feuilles, resp. de rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, l'une et l'autre étant couvertes de grillage de cuivre à mailles fines.

	Essai 10 Nombre de femelles au-dessus de la moitié			Essai 11 Nombre de femelles au-dessus de la moitié	
	garnie de feuilles de *robusta* Inéac	vide		garnie de rameaux de *robusta* Inéac	vide
	51	49		55	45
	48	52		53	47
	44	56		50	50
Total	143	157	Total	158	142
Indice	100	110	Indice	100	90
P	0,50>P>0,10		P	0,50>P>0,10	

élevage on a écorcé cinq rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac, laissé l'écorce à cinq autres rameaux et on y a introduit 40 femelles. L'attaque était notée après 7 jours; l'essai était répété trois fois.
Dans les 15 rameaux avec écorce se trouvaient 8 trous d'essai et aucune galerie. Dans les 15 rameaux écorcés se trouvaient 22 trous d'essai et 84 galeries.

Le même effet a été obtenu après décortication des rameaux de *liberica* Buitenzorg: respectivement 7 trous d'essai et aucune galerie (rameaux avec écorce), et 34 trous d'essai et 10 galeries (rameaux écorcés) se voyaient dans chaque groupe de 10 rameaux.

Les rameaux écorcés ont été placés dans un ‚screen-test' (tableau 33).

La différence n'est pas significative; il est alors très improbable que l'attraction olfactive joue un rôle dans le choix de ces rameaux par les femelles. Or, il faut supposer que le contact direct des femelles avec le bois stimule, par un facteur gustatif ou tactile, les femelles à commencer leur taraudage.

Dans le paragraphe 4.2.2.2. nous avons déjà noté que les femelles, en parcourant les branches, mordent régulièrement dans l'épiderme. D'après les données ci-dessus il semble probable qu'un stimulus gustatif ou tactile conduise ainsi les femelles à accepter la plante et commencer le taraudage. Ce stimulus a certainement son origine dans le bois, et il est masqué partiellement par l'écorce.

On a mis des femelles amputées de leurs antennes dans les boîtes à élevage munies de rameaux écorcés et non-écorcés. L'attaque consistait en:
2 trous d'essai et aucune galerie dans les 10 rameaux non-écorcés; 9 trous d'essai et 16 galeries dans les 10 rameaux écorcés. Il s'ensuit que l'acceptation de la plante-hôte est indépendante de la présence des antennes. Or, les stimulus jouant un rôle dans l'orientation vers la plante-hôte et son acceptation, sont différents de ceux débloquant les activités de taraudage. Une même séparation était supposée par CHAPMAN (1962) chez *Trypodendron lineatum* (Oliv.).

TABLEAU 33. Résultats de 9 ‚screen-tests' portant sur le choix des femelles de *X. compactus* Eichh. entre les rameaux de *C. canephora* var. *robusta* écorcés et non-écorcés, couverts de grillage de cuivre à mailles fines.

	Essai 12 Nombre de femelles au-dessus de	
	rameaux non-écorcés	rameaux écorcés
	98	102
	108	92
	104	96
	67	133
	103	97
	67	133
	91	109
	120	80
	113	87
Total	871	929
Indice	100	107
P	0,50>P>0,10	

4.2.2.7. Taraudage de la galerie de pénétration

Quelquefois la femelle ne construit qu'un trou d'essai. Dans la partie 4.1.1. de ce chapitre nous avons posé l'hypothèse que ce phénomène est causé par l'insuffisance des réserves de la femelle, à condition qu'elle ne soit pas gênée par une production de gommes.

Il serait possible que l'action de taraudage soit suspendue par un facteur inhibiteur dans une plante-hôte moins attractive. En ce cas, on devrait trouver relativement plus de trous d'essai par rapport au nombre de galeries dans des plantes connues comme peu attaquées. Au tableau 2 nous avons donné le rapport entre le nombre de trous d'essai et le nombre de galeries. Ce rapport est le plus faible chez les trois variétés les moins attaquées. Or, le nombre de trous d'essai ne semble avoir aucune relation positive avec la moindre acceptation d'une plante-hôte.

Dans la plantation de la S.P.R.O.A. à Gagnoa on a planté les caféiers à deux dans le même trou afin d'éviter des endroits ouverts dans la plantation. Normalement ces deux plants se sont développés en arbustes vigoureux. Quelquefois il se trouvait que sur ces deux caféiers l'un avait nettement plus de galeries occupées que l'autre. Des comptages ont été faites dans cette plantation de *Coffea canephora* var. *robusta* Java, agée de quatre ans. Le tableau 34 donne les résultats détaillés de ces comptages:

a. caféiers à plusieurs galeries occupées, à côté de

b. caféiers à seulement quelques galeries.

L'observation porte sur 4 ou 5 branches par arbuste.

TABLEAU 34. Intensité d'attaque par *X. compactus* Eichh. de *C. canephora* var. *robusta* en relation avec les mensurations anatomiques des rameaux.

	a	b
Nombre de rameaux observés	50	57
Trous d'essai, par rameau	2,9	4,5
Galeries vides, par rameau	1,5	1,0
Galeries occupées, par rameau	0,8	0,4
Galeries vides et occupées, par rameau	2,3	1,4
Total de trous d'essai, galeries vides et occupées, par rameau	5,2	5,9
Rapport trous d'essai/galeries totales	1,3	3,1
Epaisseur moyenne de l'écorce, en mm	0,56	0,59
Epaisseur moyenne de l'écorce et du xylème ensemble, en mm	1,48	1,78
Diamètre moyen des rameaux, en mm	5,42	6,13
Teneur en eau, en % de matière fraîche	55,3	54,1

Le total de trous d'essai, galeries vides et galeries occupées est presque le même dans les deux cas, ce qui veut dire que l'attaque totale était de même intensité. Mais le nombre de trous d'essai en condition b est beaucoup plus élevé qu'en condition a, ainsi que le rapport trous d'essai/total des galeries. Les caféiers ont été plantés côte à côte, donc on peut admettre que les conditions culturales étaient les mêmes. Les différences trouvées doivent par conséquent être dues à la plante. Il semble que l'épaisseur de l'écorce et du xylème est plus élevée chez les caféiers ayant un nombre plus grand de trous d'essai.

La profondeur moyenne de 153 trous d'essai était 1,56 mm, ce qui est plus grand que l'épaisseur d'ensemble de l'écorce et du xylème chez les caféiers du groupe a, mais plus petit que cette épaisseur chez les caféiers du groupe b. Il faut donc envisager les barrières mécaniques dans la plante contre les femelles de *X. compactus* Eichh.. C'est peut-être cette phase dans le choix d'une plante-hôte qui est responsable du fait que *X. compactus* Eichh. n'attaque que les branches d'un faible diamètre. Les branches épaisses sont trop lignifiées et deviennent trop dures. La femelle n'arrive pas suffisamment vite à un niveau permettant la croissance de l'*Ambrosia*. Nous avons, par exemple, souvent observé des trous d'essai dans les troncs de caféiers, mais ceux-ci n'aboutissaient jamais à une galerie.

4.2.2.8. Taraudage de la galerie de ponte

Nous avons supposé qu'avant de continuer à creuser sa galerie, la femelle doit trouver dans l'intérieur du rameau ou de la tige des conditions favorables à la germination et la croissance de l'*Ambrosia*. Sur *Hibiscus rosa-sinensis* L. on ne trouve jamais de galeries complètes de *X. compactus* Eichh.. Cependant les rameaux de cette plante, mis ensemble avec des rameaux de *Coffea canephora* var. *robusta* Inéac dans les boîtes à élevage, sont plus attaqués que ces derniers. Des feuilles de cette plante testées au ‚screen-test' se montrent très attractives; les femelles mises sur les rameaux les parcourent longtemps. La construction de la galerie au laboratoire s'arrête d'ailleurs au stade où la femelle attend la crois-

sance de l'*Ambrosia*. Mais ce champignon ne se développe jamais dans ces galeries. En conséquence, les femelles quittent ces galeries habituellement après 3 à 4 jours.

Nous avons suivi la croissance de l'*Ambrosia* sur des fragments de rameaux d'*Hibiscus rosa-sinensis* L. en tubes à essais. Le champignon ne se développait pas du tout sous ces conditions. Les mêmes résultats ont été obtenus avec les rameaux de *Bixa orellana* L.. Ces observations sur *Hibiscus rosa-sinensis* L. et *Bixa orellana* L. démontrent que les conditions nécessaires au développement de l'*Ambrosia* sont indépendantes des autres facteurs déterminant le choix initial de la plante-hôte.

4.2.2.9. Conclusions

En récapitulant, on peut dire que l'orientation des femelles de *X. compactus* Eichh. sur une plante-hôte et l'acceptation de celle-ci se décompose en cinq phases:

a. attraction olfactive,
b. inhibition de l'envol,
(La perception olfactive dans ces deux cas est localisée dans les antennes.)
c. action de taraudage débloquée par des stimulus probablement gustatifs,
d. continuation du taraudage sous l'influence de la structure des tissus à traverser et des réserves de la femelle,
e. taraudage de la galerie de ponte après le développement de l'*Ambrosia*.

KALSHOVEN (1958) note chez *X. fornicatus* Eichh. également un grand pourcentage d'attaques non-réussies, qu'il explique en admettant que l'orientation des femelles en vol n'est pas toujours très déterminée. Cependant il est probable que chez *X. fornicatus* Eichh. également le choix de la plante-hôte peut se répartir en différentes phases déterminées par différents stimulus.

CACHAN (1957) a analysé l'attaque des espèces du genre *Macrolobium* par *Platypus auricomus* Schauf.. Il discerne trois phases: l'attraction, la fixation et la pénétration. L'attraction se fait en présence d'écorce ou de bois écorcé; la fixation se fait quand l'écorce et le bois sont présents ensemble; la pénétration est due à un stimulus qui fait passer l'insecte de l'écorce dans le bois, et de plus en plus profondément dans celui-ci. GRAHAM (1962) suppose que les stimulus dirigeant *Trypodendron lineatum* Oliv. vers sa plante-hôte sont différents de ceux débloquant le taraudage.

Les essais d'analyse de la nature des substances attractives, comme les a fait CACHAN (1957), n'ont jamais donné de résultat positif. La femelle est attirée par des plantes-hôtes très variées, et il est bien possible qu'une substance très répandue soit à la base de cette attraction. Cependant la possibilité que plusieurs substances aient une importance directe pour cette orientation ne doit pas non plus être exclue. Des méthodes spéciales seront certainement nécessaires afin de résoudre ce problème.

5. APERÇU DE LA SIGNIFICATION PRATIQUE DES RÉSULTATS

Dans les chapitres précédents nous avons essayé d'évaluer la relation *X. compactus* Eichh.–plante-hôte au point de vue des caractères physiologiques et morphologiques de la plante-hôte, du comportement de l'insecte et du rôle médiateur de l'*Ambrosia*. Outre leur signification théorique nos données peuvent être très utiles dans les recherches de la lutte contre le scolyte.

5.1. Plantes-hôtes, sources de nouvelles infections

Le scolyte des rameaux du caféier peut être consideré comme relativement peu sélectif dans son choix d'une plante-hôte. De ce point de vue les facteurs limitants semblent surtout ceux qui déterminent l'acceptation de la plante-hôte par le scolyte et les conditions nécessaires au développement de l'*Ambrosia* dans les galeries construites. Nous nous sommes demandés quel valeur on doit attribuer à ces plantes-hôtes. D'abord il s'agit d'une question quantitative. Il semble que la multiplicité des espèces trouvées comme plante-hôte, à part les caféiers, doive permettre au scolyte du caféier de s'établir dans d'autres hôtes convenables appartenant à la flore de toutes les régions tropicales humides. Le facteur limitant la distribution géographique de l'insecte à certaines régions doit être la température.

Le nombre de descendants par femelle est déterminé d'une façon importante par les conditions physiques et chimiques des rameaux dans lesquels la galerie a été creusée. Ainsi certaines plantes favorisent plus que d'autres le développement d'une grande population de *X. compactus* Eichh..

Dans la liste des plantes-hôtes les résultats de nos observations ont été marqués. Les chiffres sur la descendance moyenne par galerie ont été obtenus en mettant des fragments de rameaux avec des galeries choisis au hasard, dans des tubes à essais et en suivant la sortie des adultes. Ces chiffres ont d'ailleurs besoin d'une correction: la durée minima du cycle évolutif est d'environ 27 jours, la durée maxima 40 jours. Donc, pendant un tiers de la période ou l'on trouve des scolytes dans les galeries, les jeunes femelles quittent la galerie. Or, pour trouver le nombre réel de descendants dans les galeries dans différentes plantes, il faut multiplier la moyenne des chiffres obtenus par un facteur 3/2. Si nous comparons ces données à la descendance moyenne sur caféier, il devient évident que, sur certaines plantes, *X. compactus* Eichh. semble produire une progéniture plus grande que sur caféier.

La descendance la plus grande a été observée sur *Dalbergiella welwitschii* (Bak.) Bak. f., la moyenne de 9 galeries étant 22,4. D'autres plantes sur lesquelles nous avons trouvé des galeries avec une descendance importante étaient: *Hugonia platysepala* Welw. ex Oliv. (10–18,9), *Bauhinia picta* DC. (30–12,0), *Manniophyton fulvum* Müll. Arg. (6–14,8), *Theobroma cacao* L. (41–14,9), *Milettia zechiana* Harms (8–13,0) et *Spiropetalum heterophyllum* (Bak.) Gilg (16–14,1).

Sur certaines de ces plantes nous avons trouvé les galeries à un époque où l'attaque sur caféier était minima; par exemple sur *Hugonia platysepala* Welw. ex Oliv. en avril 1962 et *Manniophyton fulvum* Müll. Arg. en mai 1962. Ces plantes en forêt sont peut-être moins sensibles aux influences néfastes de la période sèche. Ainsi l'insecte aurait la possibilité de survivre aux périodes extrêmement défavorables, quand la population dans les plantations disparaît quasi complètement (février-mai 1962).

Reste la question de savoir si les femelles sortant d'autres plantes-hôtes sont aussi bien disposées à attaquer les caféiers que les femelles sortant des caféiers eux-mêmes. On a donc mis des femelles sortant de *Bauhinia picta* DC. et de *Persea americana* Mill. dans les boîtes à élevage et déterminé leur attaque sur des rameaux de caféier. Cette attaque se montrait à peu près la même que celle des femelles sortant des galeries du caféier. Aussi le nombre de descendants par femelle ne différait pas beaucoup.

En conclusion, on peut dire que les plantes-hôtes trouvées doivent être considérées comme de vraies sources d'infestations des plantations de caféiers par *X. compactus* Eichh..

5.2. Lutte contre *X. compactus* Eichh.

5.2.1. *Méthodes culturales*

Les données au chapitre 2. ont illustré le fait que la perte des rameaux du caféier, causée par le scolyte, peut être très considérable, ce qui entraine une diminution de la récolte totale estimée à 10 – 20%. La production caféière de la Côte d'Ivoire pour l'année 1963 approche les 200.000 tonnes, la perte de production sera donc au moins 20.000 tonnes.

Le scolyte s'attaque surtout aux caféiers en meilleur état. En Côte d'Ivoire les plantations africaines occupent à peu près 95% de la surface totale plantée en caféier. Il existe une tendance générale à intensifier les soins culturaux en ces plantations, mais malheureusement ceci amènera un accroissement d'attaques de ces caféiers par le scolyte des rameaux.

Vu ce développement de la culture et vu les dégâts importants qui peuvent être causés par le scolyte, il est absolument nécessaire que de nouvelles méthodes de lutte soient développées.

En 1948 la variété prédominante de café en Côte d'Ivoire était le ‚gros Indénié' – *Coffea abeokutae* Cramer. Cette variété est presque indemne d'attaques par le scolyte des rameaux. À partir de cette date la trachéomycose, maladie cryptogamique due au *Fusarium xylarioides* Heim et Saccas, a ravagé les caféiers de la Côte d'Ivoire. Ils ont été remplacés par *Coffea canephora* var. *robusta* provenant du Congo Léopoldville (*robusta* Inéac) et résistant à cette maladie (Cordier, 1961). Cette variété constitue actuellement au moins 80% des plantations. Mais malheureusement cette variété se classe parmi les caféiers les plus attaqués par le scolyte des rameaux (tableau 2, 3 et 4).

Il faut se demander quelles sont les mesures utiles, pratiquement réalisables et économiquement justifiées pour diminuer les dégâts causés par le scolyte. Au

point de vue de la plante attaquée, il peut être démontré qu'il existe une forte variabilité de l'attaque dans les caféiers d'une même variété. SIGWALT (1962) propose de remplacer dans une plantation existante les arbres qui paraissent les plus attractifs. Cette méthode doit permettre de bons résultats si on se rende compte du fait qu'un arbre peu attaqué à un moment donné peut être envahi par les scolytes quelques semaines plus tard. Seules des observations pendant toute la période d'une forte attaque peuvent permettre de sélectionner les arbres très attaqués. D'ailleurs ces remplacements ne seront justifiés que si on a la certitude que le caféier replanté sera peu attaqué.

Des essais seront nécessaires pour savoir si on garde le caractère de faible attaque des caféiers après propagation végétative, et si ce caractère persiste sous différentes conditions culturales.

Dans les variétés peu-attaquées par le scolyte, il faut effectuer des recherches complémentaires, notamment en ce qui concerne leur sensibilité à d'autres maladies et leur aptitude aux conditions climatiques et culturales de la Côte d'Ivoire.

À ce point de vue, il faut recommander *Coffea canephora* var. Ebobo, le seul *canephora* du type *robusta* originaire de la Côte d'Ivoire. En outre ce caféier est peu attaqué par le scolyte des rameaux et ses exigences culturales semblent convenir assez bien à la situation d'une grande partie de la région caféière en Côte d'Ivoire (CORDIER, 1961).

Peu de renseignements précis sont disponibles, concernant l'influence des mesures culturales sur les attaques par le scolyte. Mais nous avons déjà admis qu'une augmentation de l'attaque est à prévoir par suite de l'amélioration des conditions culturales.

L'ombrage semble peu diminuer les dégâts. Il faut prendre en considération la signification totale de l'ombrage pour la caféiculture avant qu'on puisse évaluer avec précision l'importance de cette donnée.

Dans le chapitre 2. nous avons déjà montré que la lutte biologique semble a-priori peu efficace en ce qui concerne *X. compactus* Eichh.. Certaines fourmis, par exemple *Oecophylla longinoda* Latr., peuvent être de vrais prédateurs, mais leur présence en grandes quantités dans la plantation rend la récolte presque impossible.

5.2.2. *Lutte chimique*

Les données bibliographiques sur la lutte chimique ont été traitées en chapitre 2. VINCENT (1961) conclue qu'il est difficile de conseiller l'emploi de lindane à cause du prix de revient très élevé et de l'efficacité encore toute relative du traitement. Le traitement mixte insecticide-fongicide montre une efficacité certaine (MEIFFREN et BELIN, 1960), mais ici aussi le prix de revient est très élevé.

Dans son traité ‚Insect Pests of Cultivated Plants in Surinam', VAN DINTHER (1960) remarque que le traitement le plus économique des attaques de larves de *Steirastoma breve* Sulzer (Coleoptera, Cerambycidae) sur cacaoyer est celui décrit par KOENRAADT (1956). Il consiste à enduire l'entrée de la galerie et une petite surface autour avec un insecticide. La même méthode a été utilisée avec succès contre *X. compactus* Eichh. sur avocatier (LEVER, 1939; BROWN, 1954).

En 4.2.1. nous avons considéré le développement d'une forte attaque sur un caféier, et il s'est avéré que celle-ci provient de quelques galeries-mères du même arbre. Ainsi peut-on supposer qu'une forte pullulation de la population du scolyte ne sera possible que si le nombre de galeries au début de la période favorable est assez élevé. Ce phénomène se retrouve à la figure 26, où le niveau total de l'attaque en 1960, aussi bien le minimum que le maximum, est beaucoup plus élevé que le niveau en 1962.

Nous avons appliqué des traitements insecticides aux galeries individuelles de *X. compactus* Eichh. sur caféier. Le tableau 35 donne les résultats pour quatre insecticides différents. Les insecticides ont été mis sur le rameau autour des trous d'entrée des galeries occupées, à l'aide d'un pinceau. Nous avons controlé le résultat une semaine après l'application.

TABLEAU 35. Résultats des traitements insecticides sur galeries individuelles de *X. compactus* Eichh..

Traitement	Nombre de galeries observées	Nombre de galeries avec					
		scolytes vivants		fondatrice seulement morte		toute la descendance morte	
		nombre	%	nombre	%	nombre	%
Endrine 0,2% m.a.	25	11	44	7	28	7	28
Endrine 1,0% m.a.	41	9	22	17	41	15	37
Dieldrine 0,5% m.a.	47	7	15	23	49	17	36
Parathion 0,05% m.a.	29	4	14	15	52	10	34

Dans les galeries sans scolytes morts, il s'avérait toujours que les fondatrices avaient quand même subi un effet nocif. On n'a plus trouvé d'oeufs dans ces galeries, contrairement aux témoins. Le nombre moyen de descendants par galerie traitée était 11,1 et par galerie témoin 25,0. Dans les jeunes galeries surtout toute la progéniture avait succombé au traitement. Les oeufs et les larves étaient complètement moisis.

Pour avoir encore un meilleur résultat, il serait nécessaire de faire deux ou trois applications successives, à environ dix jours d'intervalle. Il faudrait certainement des essais en plantation sur une vaste échelle pour confirmer nos résultats. Ces traitements devraient être appliqués un mois ou deux avant la période où l'on pourrait prévoir une déclenchement de l'attaque. Les frais, au point de vue insecticide, sont très limités. Par contre il faut des ouvriers capables de reconnaitre les petits trous d'entrée du scolyte.

En laboratoire nous avons pu réduire le nombre de descendants par femelle à l'aide de Pimaricine, grâce à l'action fongicide systémique de ce produit. Comme le scolyte ne peut plus se développer si la croissance de l'*Ambrosia* devient impossible, il sera certainement possible d'obtenir de bons résultats de lutte avec les fongicides systémiques. Malheureusement il n'y a que peu de ces produits disponibles.

6. CONCLUSION GÉNÉRALE

Les scolytes mycétophages construisent en principe leurs galeries dans le bois de plantes très variées; les parois de ces galeries sont recouvertes d'un champignon, l'*Ambrosia*, qui sert de nourriture pour ces insectes. FISCHER, THOMPSON et WEBB (1953) notent que cette relation insecte-champignon est un exemple remarquable d'ectosymbiose.

HOPF (1938) a fait une étude très approfondie sur le régime alimentaire de *Hylesinus fraxini* Panz., un scolyte de l'écorce. Il a pu démontrer que ce coléoptère, étant donné également les enzymes trouvés dans son tube digestif, peut utiliser des protéines, des mono-et disaccharides et des hemicelluloses. Ces résultats ont été confirmés par PARKIN (1940), qui en outre a mis en évidence la présence d'hemicellulase dans le tube digestif de *Platypus cylindrus* Fab., scolyte mycétophage (BAKER, 1963). BAKER remarque qu'il serait donc possible que la digestion des tissus végétaux jusqu'aux hemicelluloses ait lieu dans ce dernier groupe.

Nous sommes déjà arrivés dans les chapitres précédents à la conclusion qu'il est très peu probable que les coléoptères mycétophages mangent des quantités importantes de tissus végétaux où ils creusent leurs galeries. En tous cas, on n'a jamais trouvé que les femelles pondent en absorbant seulement du bois. La femelle de *X. compactus* Eichh. est fortement attirée par *Hibiscus rosa-sinensis* L., mais en taraudant une galerie dans cette plante, elle perd beaucoup de son poids. Or, les réserves nécessaires à ce taraudage ne sont pas compensées. HADORN (1933) en étudiant *Xyloterus lineatus* Oliv. note que jusqu'au moment où l'*Ambrosia* commence à tapisser la galerie de ponte, l'insecte ne mange pas et son appareil digestif reste absolument vide. GRAHAM (1952) considère le bois comme l'endroit où les scolytes construisent leurs galeries sans en consommer. HOGAN (1948) a trouvé que les femelles de *Platypus subgranosus* S. peuvent vivre plus de six mois sans manger de bois.

La présence d'organes masticateurs dans le tube digestif ne signifie pas obligatoirement que ces insectes mangent de grandes quantités de tissus végétaux. On considère l'habitude de vivre en symbiose avec des champignons comme un stade plus élevé dans l'évolution biologique des scolytes corticaux (ESCHERICH, 1923; SCHEDL, 1958; BROWNE, 1961a). Comme on trouve souvent la même organisation du tube digestif chez les mâles que chez les femelles (LHOSTE et ROCHE, 1959), on peut considérer la présence des organes masticateurs comme une survivance évolutive des scolytes corticaux, qui a perdu sa signification. Dans les espèces souvent extrêmement polygames des Scolytidae, le mâle n'a aucune fonction dans la construction d'une galerie.

La paroi cellulaire des champignons contient d'habitude des hemicelluloses en grande quantité (PORGES, 1932; SCHULZ, 1938). La présence d'hemicellulase dans le tube digestif des coléoptères mycétophages (BAKER, 1963) leur permet de bien digérer les champignons dont ils se nourissent.

Les insectes vivant dans le bois semblent tous se servir des symbiotes pour leur nutrition (BUCHNER, 1953; KOCH 1960): soit des endosymbiotes comme chez les Cerambycides, Curculionides, Bostrychides etc., soit des ectosymbiotes comme chez les scolytes mycétophages. En traitant de la fonction des endosymbiotes dans la nutrition de leurs hôtes, FRAENKEL (1952) leur attribue trois rôles possibles:

a. digérer ou faciliter la digestion de la cellulose
b. fournir des vitamines
c. augmenter l'approvisionnement en azote.

Le taux en azote et en vitamines (surtout celles du complexe B) est normalement très restreint dans le bois (KOCH, 1959). Quant aux endosymbiotes des larves de Cerambycides, on n'a pas pu démontrer leur fonction dans la digestion de la cellulose. Par contre, les larves mêmes semblent produire des cellulases (MÜLLER, 1934; BECKER, 1943). JURZITZA (1959), en étudiant les symbiotes (des levures du genre *Candida*) de quelques Cerambycides, a établi les caractères physiologiques suivants:

a. pas de fixation de l'azote atmosphérique,
b. production d'acides aminès; les symbiotes transmettent probablement l'azote dans le bois sous une forme mieux assimilable,
c. production des vitamines du complexe B.

On pourrait peut-être attribuer à l'*Ambrosia* les mêmes fonctions que celles décrites ci-dessus pour les endosymbiotes. Mais il faut souligner que, chez les insectes purement xylophages les endosymbiotes complètent les substances nutritives provenant du bois mangé souvent en grande quantité. Chez les coléoptères mycétophages, l'*Ambrosia* constitue la seule nourriture de l'insecte, et doit donc fournir tous les élements nutritifs nécessaires.

L'*Ambrosia* a été considéré comme un intermédiaire produisant de la nourriture enrichie au dépens du bois (NEGER, 1909; BAKER, 1963). Si nous essayons de comparer les analyses des rameaux du caféier avec celles des champignons (SUMI, 1928; PORGES, 1932), la conclusion semble justifiée que le taux d'acides aminés est plus élevé dans l'*Ambrosia* que dans le bois entourant la galerie. Ces acides sont, du reste, vraisemblablement mieux assimilables par les insectes.

La teneur de quelques éléments dans les rameaux était en moyenne environ: P 0,13%, K 1,0% et Ca 0,5% du poids sec. En général, Ca et K ne semblent qu'en petites quantités nécessaires pour les insectes. NELSON et PALMER (1935) notent que le taux en P dans l'alimentation de *Tribolium confusum* Duval doit être plus élevé que 0,1% du poids sec. Le taux en P dans les rameaux est certainement beaucoup plus bas que celui trouvé normalement dans les champignons (MANN, 1944; COCHRANE, 1958). Il est à prévoir qu'aussi dans l'*Ambrosia* la teneur en P est plus élevée, ce qui pourrait avoir de l'importance pour le développement des scolytes.

Selon notre opinion, les scolytes mycétophages sont monophages dans toute l'acception du terme, puisqu'ils se nourrissent entièrement de champignons.

D'ailleurs les scolytes d'une même espèce sont liés à des champignons strictement définis quant aux caractères anatomiques. Les scolytes mycétophages creusent souvent leurs galeries dans des plantes-hôtes très variées. Plusieurs auteurs ont utilisé le terme polyphagie en décrivant cette diversité des plantes-hôtes (BLACKMAN, 1922; BROWNE, 1935 et 1952; WICHMANN, 1954; SCHEDL, 1958; RUDINSKY, 1962). Comme vu précédemment, ce terme ne rend pas compte du caractère de l'alimentation de ces insectes.

WICHMANN (1954) suppose que l'*Ambrosia* a pu se développer dans des plantes-hôtes diverses, et a ainsi créé pour les scolytes la possibilité de s'établir dans toute cette gamme de plantes. Or cela suppose un liaison étroit entre l'attractivité de la plante-hôte et l'établissement de l'*Ambrosia*. Ceci ne concorde pas avec nos observations, car les résultats des expériences faites avec *Hibiscus rosa-sinensis* L. et *Bixa orellana* L. démontrent que c'est l'*Ambrosia* qui constitue le facteur limitant l'attaque complète de ces espèces. D'ailleurs dans beaucoup de plantes classées comme plantes n'hébergeant que les femelles fondatrices, les femelles avaient construit des petites galeries, mais là aussi l'*Ambrosia* ne se développait pas, ce qui aboutissait à un arrêt de l'attaque. Ayant construit une galerie incomplète, les femelles de *X. compactus* Eichh. n'avaient plus la possibilité de recommencer une galerie ailleurs.

Il faut considérer les plantes-hôtes au premier chef comme des subtrats où les scolytes mycétophages s'établissent et où se développe leur nourriture, comme l'a aussi stipulé GRAHAM (1952).

Contrairement à la plupart des scolytes mycétophages, *X. compactus* Eichh. attaque surtout les plantes vigoureuses. Le même comportement est trouvé chez *X. fornicatus* Eichh. (GADD, 1944) et *Trachyostus ghanaensis* Schedl (JONES, 1960).

On peut se demander quels sont les facteurs à la base du phénomène selon lequel les attaques des scolytes mycétophages, et d'ailleurs aussi celles des scolytes corticaux, sont trouvées surtout sur des plantes dépérissantes. Et cela d'autant plus si l'on se rend compte que l'humidité du substrat doit être encore assez élevée pour permettre une bonne croissance de l'*Ambrosia*.

Chez les scolytes secondaires dans les conditions climatiques tropicales, les attaques sont généralement d'une fréquence maxima tout de suite après l'abattage des arbres (JOVER, 1951; WEBB et JONES, 1956; FOUGEROUSSE, 1957).

L'odeur joue certainement un rôle dans l'attaque des plantes par ces scolytes (BROWNE, 1935 et 1952; CACHAN, 1957; CHARARAS, 1961; CHAPMAN, 1963). BROWNE (1961 a) note qu'un traumatisme préalable de l'arbre est nécessaire à la formation du facteur attractif.

La fréquence maxima des attaques tout de suite après l'abattage des arbres fait supposer que ce facteur attractif est déjà présent dans l'arbre vivant. Il est probable que, dans l'arbre en pleine vigueur, son effet est masqué par des facteurs répulsifs.

Très souvent on a remarqué que la production et l'excrétion des gommes ou des résines empêchent les femelles de construire leurs galeries (WEBB et JONES,

1957; BROWNE, 1961 a; VITÉ, 1961). Quelquefois les attaques des scolytes secondaires dans des arbres en pleine vigueur réussissent quand même, comme l'a prouvé BAKER (1960). Il a observé les traces d'anciennes attaques par un platypode au centre d'un grand tronc de *Baikiaea insignis* Benth. subsp. *minor* Léonard.

Des exemples d'attaques réussies par *X. compactus* Eichh. sur des plantes normalement non-attaquées ont aussi été trouvés; dans ces cas les plantes étaient dépérissantes (*Baphia nitida* Lodd. et *Hevea brasiliensis* (Kunth.) Müll. Arg.). Sur *Baphia nitida* Lodd. on trouve toujours des trous d'essai récemment creusés, remplis des gommes. Sur *Hevea brasiliensis* (Kunth.) Müll. Arg. en pleine vigueur nous n'avons jamais trouvé de traces d'attaques. Avant de commencer le taraudage d'une galerie, la femelle de *X. compactus* Eichh. mord dans l'épiderme et un stimulus probablement gustatif fait commencer le taraudage. Chez les plantes qui produisent déjà du latex à la moindre blessure, comme l'*Hevea*, le stimulus gustatif est peut-être masqué par cette forte production de latex. Le taraudage n'a donc pas lieu et ainsi on ne retrouve aucune indication des activités du scolyte.

Chez *X. compactus* Eichh., connu comme scolyte primaire, on trouve donc quelques exemples d'attaques secondaires. Dans ces cas, le caractère secondaire des attaques doit s'expliquer par les réactions physiologiques de ses plantes-hôtes. Il est très probable que de tels phénomènes soient généraux chez les scolytes connus comme parasites secondaires.

7. RÉSUMÉ

Le problème central, dans le présent travail, est la relation entre *Xyleborus compactus* Eichh. (syn. *X. morstatti* Hag.) et sa plante-hôte.

1. Introduction

Quelques généralités sur les Scolytoidea ont été discutées brièvement. À savoir: régime alimentaire, système de galeries et emplacement du couvain dans ce système, choix de la plante-hôte, caractère du parasitisme et dégâts.

2. Introduction à quelques problèmes généraux du *Xyleborus compactus* Eichh.

Une liste des Scolytoidea taraudant le bois du caféier est donnée.

X. compactus Eichh., parasite important des rameaux du caféier, a une répartition géographique quasi circumtropicale. Son importance économique est liée à la présence des caféiers préférés par le scolyte (notamment *Coffea canephora* var. *robusta*) et les conditions climatiques tropicales favorables au développement du scolyte (surtout la température).

À la suite de l'établissement des galeries de *X. compactus* Eichh. dans les rameaux de *C. canephora* var. *robusta*, 15% des branches meurent, habituellement déjà environ 10 jours après l'attaque, et les autres ont une chute de 10% des feuilles. Les rameaux agés de 6 mois à 2 ans sont les plus attaqués. L'estimation des pertes à la récolte est de 20 à 30%.

Il existe de grandes différences entre les diverses variétés de *Coffea* quant à l'intensité des attaques et des dégâts.

Les dégâts sont principalement dus à l'action pathogène de l'*Ambrosia*.

Parmi les autres plantes culturales attaquées par *X. compactus* Eichh. il faut mentionner *Persea americana* Mill. (l'avocatier); *Theobroma cacao* L. (le cacaoyer) et diverses espèces d'arbres forestiers en pépinière.

X. compactus Eichh. doit être considéré comme parasite primaire creusant sa galerie dans des plantes provenant de groupes taxonomiques très variés. Une liste des plantes-hôtes connues est donnée.

La lutte contre le scolyte est rendue difficile par le fait que ces insectes restent pendant presque tout leur cycle évolutif dans les rameaux où ils se nourrissent exclusivement du champignon *Ambrosia*.

3. Biologie de *Xyleborus compactus* Eichh.

Une méthode d'élevage du scolyte en laboratoire est décrite.

Durant la construction de la galerie, la femelle arrête ses activités de taraudage en attendant la croissance de l'*Ambrosia*.

La durée des différents stades évolutifs et sa variation ont été analysées; celle

des larves est très influencée par la croissance de l'*Ambrosia*. Le nombre de descendants par femelle dépend du développement de l'*Ambrosia*.

La biométrie des capsules céphaliques montre l'existence de 3 stades larvaires. Les dimensions des larves sont réduites dans les galeries plus agées à cause d'une nutrition insuffisante. Dans les galeries on trouve en moyenne 1 mâle pour 7 femelles. Ce rapport varie beaucoup et a tendance à être plus petit quand le nombre de descendants par femelle augmente. Quelquefois toute la progéniture est mâle, il s'agit ici d'une parthénogénèse arrhénotoque.

Les données bibliographiques des différents champignons, décrits comme *Ambrosia* de divers Scolytoidea, sont discutées. L'*Ambrosia* de *X. compactus* Eichh. est décrit comme *Ambrosiella* n. gen. *xylebori* n. sp.. Sa croissance varie en fonction de la température et de la teneur en eau et en sucres du substrat. L'*Ambrosia* constitue la seule nourriture de *X. compactus* Eichh.. Il peut aussi se nourrir de l'*Ambrosia* de *Xyleborus semiopacus* Eichh.; ce champignon est anatomiquent très lié à *Ambrosiella xylebori*.

Les jeunes femelles sortant d'une même galerie-mère sont très variables quant à leur poids et leurs dimensions. Elles sortent en grand nombre entre 12.00 et 13.00 heures, moment principalement déterminé par la fluctuation journalière de la température.

La fécondation des femelles a lieu au début du stade adulte avant qu'elles quittent la galerie-mère.

La fondatrice sort de la galerie 5–6 jours avant la sortie en nombre de jeunes femelles. Elle peut construire une deuxième galerie.

4. Relation entre *Xyleborus compactus* Eichh. et sa plante-hôte

Les fluctuations journalières et annuelles du nombre de nouvelles galeries dans un certain nombre de *C. canephora* var. *robusta* ont été suivies. Il s'avère que les conditions optima pour l'attaque du scolyte sont: température à 12.00 h. entre 26,5 et 29,0°C, humidité relative à 12.00 h. entre 72 et 78%, durée de l'insolation réduite et absence de pluie pendant le jour même de l'attaque. Des changements physiologiques dans les rameaux du caféier (teneur en réducteurs libres et sucres solubles totaux) combinés avec les influences climatiques, sont responsables des fluctuations dans le nombre de nouvelles galeries pendant l'année.

Les jeunes femelles n'ont pas obligatoirement un vol de dispersion; nées sur une plante-hôte attractive, elles y restent et y creusent leurs galeries, ce qui produit une plante fortement endommagée.

On peut capturer les jeunes femelles en vol à l'aide de plaques collantes (‚sticky frames') jusqu'à une hauteur de 17 m et jusqu'à une distance de 200 m de la plantation. Elles sont surtout transportées par le vent.

Les caractéristiques communes aux différentes plantes-hôtes sont: faible diamètre des rameaux ou des tiges, absence de pilosité, absence de production de gommes.

Comme la femelle, en taraudant la galerie de pénétration, ne dispose pas d'autre nourriture que l'*Ambrosia* consommé dans la galerie-mère, il faut qu'elle arrive assez vite à un endroit convenable au développement du champignon (la moelle). Pour cela elle doit traverser les tissus corticaux et le xylème. Ainsi arrive-t-elle seulement à établir sa galerie dans les rameaux de faible diamètre. Avant de creuser sa galerie la femelle parcourt la surface du rameau et les poils la gêneraient certainement dans ce comportement. Les gommes empêcheraient d'autre part les activités de taraudage.

Le comportement des femelles de *X. compactus* Eichh. vis–à-vis des plantes-hôtes a été analysé en champs et en laboratoire.

L'attaque complète sur une plante-hôte peut être décomposée en cinq phases:

a. attraction olfactive des femelles en vol,
b. fixation sur la plante par un stimulus olfactif causant l'inhibition de l' envol des femelles,
c. taraudage de la galerie de pénétration débloqué probablement par un facteur gustatif localisé dans le xylème,
d. continuation du taraudage dépendant des réserves de la femelle et de la structure des tissus à traverser,
e. construction de la galerie de ponte déterminée par la croissance de l'*Ambrosia.*

La perception olfactive de la plante se fait par l'intermédiaire des antennes.

5. Aperçu de la signification pratique des résultats

Plusieurs des plantes-hôtes trouvées doivent être considérées comme sources potentielles d'infestations des plantations de caféiers.

Dans la lutte contre le scolyte par des méthodes culturales, il faut envisager la sélection et la propagation des variétés de caféier peu attaquées par le scolyte, notamment *C. canephora* var. Ebobo. La lutte biologique semble a-priori peu efficace vu l'absence de parasites et de prédateurs effectifs. La lutte chimique doit se baser sur le mode de développement d'une forte attaque des caféiers. Un traitement insecticide des galeries individuelles en période de moindre attaque doit donner de bons résultats. Le traitement par fongicides systémiques doit attendre que ces produits soient couramment répandus.

6. Conclusion générale

Tous les Scolytoidea mycétophages semblent se nourrir uniquement de l' *Ambrosia*, donc on peut les considérer comme des insectes monophages. La présence d'hemicellulases dans leur tube digestif indique qu'ils peuvent digérer ce champignon. L'*Ambrosia* doit fournir tous les éléments nutritifs nécessaires au développement de ces insectes; il constitue certainement un aliment plus riche que le bois où les galeries sont construites, notamment en vitamines, en acides aminés et peut-être en phosphore. Le bois contient normalement des

quantités restreintes, et difficilement assimilables de ces éléments. En ce sens, l'*Ambrosia* est comparable aux endosymbiotes des insectes xylophages.

Le caractère secondaire des attaques par la plupart des Scolytoidea semble dû aux facteurs répulsifs présents dans les plantes attaquées, quand elles sont en pleine vigueur.

8. REMERCIEMENTS

Parvenu au terme de ce travail, je tiens à adresser mes remerciements à tous ceux qui ont pris part à sa réalisation.

Le sujet en a été proposé par M. le professeur J. DE WILDE. Au cours de ces recherches, bien qu'elles aient été réalisées loin de son laboratoire, il a bien voulu les soutenir par son enthousiasme et son aide précieuse. Je lui dois ma plus profonde gratitude.

Durant son séjour en Côte d'Ivoire, M. J.B.M. VAN DINTHER s'est joint à nous pendant deux mois; je le remercie beaucoup pour ses interessantes suggestions.

Mon séjour au Centre Néerlandais, en Côte d'Ivoire, a été rendu possible grâce à l'assistance financière que le CONSEIL D'ADMINISTRATION DE l'INSTITUT NATIONAL DES HAUTES ÉTUDES AGRONOMIQUES de Wageningen m'a accordée. Je lui en suis extrêmement reconnaissant.

Bien que travaillant au Laboratoire d'Entomologie Agricole, il m'a fallu faire appel à la plupart des disciplines de l'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER (O.R.S.T.O.M.) à Adiopodoumé. Je suis très reconnaissant à M. le professeur G. MANGENOT et à M. N. LENEUF, ainsi qu'aux responsables des divers laboratoires, pour leur accueil et les grandes facilités qu'ils m'ont accordées.

Les excellents spécialistes des Scolytoidea, MM. L.G.E. KALSHOVEN et F. G. BROWNE, n'ont pas hésité à me faire profiter de leurs grandes connaissances; je les remercie vivement pour l'intérêt qu'ils m'ont porté.

Le ‚Centraalbureau voor Schimmelcultures' à Baarn et surtout son actuel Directeur M. J. A. VON ARX, ont été d'un précieux secours pour l'identification des champignons.

Le texte français a été corrigé par M. R. ÉCOCHARD et M. J. DAVET. Leur aide m'a été très utile. L'assistance indispensable a été fournie, pour le dessin des figures par MM. M. P. VAN DER SCHELDE et E. J. J. VERHAAF, et pour la réalisation des photos par MM. J. DUVAL, B. SOUCHAUD et plus spécialement M. G. EIMERS. Mlle M. C. ALBERS a tapé le texte final du manuscrit. Je remercie tous ces collaborateurs.

Ma femme, enfin, m'a été d'un appui indispensable; grâce à sa critique constructive elle a beaucoup contribué à la mise au point finale de plusieurs conclusions.

9. SUMMARY

A rational approach to insect control requires a more thorough knowledge of the relationships between insects and their host plants. As little is known in this respect on mycetophagous Scolytids, we have analysed the relationship between *Xyleborus compactus* Eichh. (syn. *X. morstatti* Hag.), the coffee-twig borer, and its host plants.

1. Introduction

Some general aspects of the Scolytoidea are discussed, especially their food and feeding habits, their gallery system and the position of the offspring therein, host selection, nature of their parasitism, and damage.

2. Distribution, economic importance, and host range

A list is given of Scolytoidea making their galleries in the wood of coffee plants.

X. compactus Eichh. is an important parasite of coffee twigs, its geographical distribution being almost circumtropical. Its economic importance depends on the presence of the coffee varieties it prefers (especially *C. canephora* var. *robusta*) and climatic conditions favouring the development of the beetle (especially temperature).

After a brood gallery of *X. compactus* Eichh. has been established in the twigs of *C. canephora* var. *robusta*, 15% of the branches die and the others lose about 10% of their leaves. Branches from six months up to two years old are preferred. The total production losses are estimated at 20–30%.

There is a great variability in the attack on different varieties of *Coffea* and the damage done.

This damage is mainly due to the pathogenic action of the *Ambrosia* fungus.

Other cultivated plants heavily attacked by *X. compactus* Eichh. are *Persea americana* Mill. (avocado pear), *Theobroma cacao* L. (cocoa) and different species of forest trees in the nursery.

X. compactus Eichh. is a primary parasite attacking taxonomically very different plants. A list of known hosts is given.

It is difficult to control this Scolytid because practically throughout its whole life cycle it remains in the plants where it feeds exclusively on the *Ambrosia* fungus.

3. Life cycle and symbiotic relations

A method of rearing the beetle in the laboratory is described.

The length of the developmental stages and its variation is analysed. The biometrics of the larvae head capsules show the existence of three instars. The

brood galleries contain males and females in a ratio of 1:7, at the average; this ratio tends to decrease when more offspring per female is produced. Sometimes the progeny is entirely male (parthenogenesis).

The literature concerning fungi described as the *Ambrosia* of various Scolytids is discussed. The *Ambrosia* of *X. compactus* Eichh. is described here for the first time and is termed *Ambrosiella* n. gen. *xylebori* n. sp.. The growth of the fungus is influenced by temperature, humidity and glucose content of the substrate on which it is grown. The *Ambrosia* is the only food source of *X. compactus* Eichh., but the beetle can also live on the *Ambrosia* of *Xyleborus semiopacus* Eichh., a fungus which is anatomically closely related to *Ambrosiella xylebori*.

During the gallery construction, the female stops its tunneling activities, pending the growth of the *Ambrosia*. The significance of the *Ambrosia* for the development of *X. compactus* Eichh. is evident as it influences the duration of the larval stages, the dimensions of the larvae and the number of offspring per female.

The young females emerging from the same gallery are very variable in weight and size. They emerge in large numbers between 12 noon and 1 p.m.; this time is mainly determined by the daily fluctuations of temperature.

Mating takes place in the beginning of the adult stage in the mother gallery.

The mother beetle leaves the gallery 5–6 days before the young females emerge from the gallery. She may subsequently establish a second gallery.

4. HOST PLANT FINDING AND HOST PLANT ACCEPTANCE

The daily and annual fluctuations in the number of newly established galleries were observed in a given number of trees of *C. canephora* var. *robusta*. The optimal conditions for the attack of the Scolytid proved to be a temperature between 26.5° and 29°C at 12 noon, a relative humidity of 72–78% at 12 noon, short duration of sunshine and absence of rain during the day of the attack. Physiological changes in the coffee twigs (sugar content) combined with climatic influences are responsible for the variations in the number of newly formed galleries during the year.

The young females have no compulsory dispersal flight; when born on an attractive host they tend to stay and to establish their galleries in this plant. This results in a heavily infested tree.

The flying beetles can be captured with sticky frames up to a height of 17 m and a distance of 200 m from the plantation. They are mainly dispersed by wind.

The different host plants in which the beetle is found have the following characters in common: small diameter of the woody parts in which the gallery is constructed, absence of hairs and no gum production.

Since during the construction of the gallery the female only seems to live on the food reserves taken from the mother gallery, she is soon obliged to find a suitable place for the growth of the *Ambrosia* (the pith). She first has to pass the bark and woody tissues and as a consequence she only succeeds in establishing a

gallery in branches of a small diameter. Before starting to construct the gallery, the female moves over the twig surface; hairs would certainly trouble the beetle during this behaviour. Gum production will make boring activity impossible.

The behaviour of the females of *X. compactus* Eichh. with regard to their host plants was analysed in the field and in the laboratory.

The entire process of attack can be divided in 5 stages:

a. olfactory attraction of females in flight,

b. fixation on the plant caused by an olfactory factor preventing the female from flying away,

c. excavation of the entrance tunnel probably initiated by a stimulus localised in the xylem to which the female only seems to respond when in direct contact with the twigs,

d. continuation of tunneling activity dependent on the food reserves of the female and the hardness of the tissues to be passed,

e. construction of the breeding gallery after the *Ambrosia* has started to grow.

Olfactory perception of the host plant takes place by means of the antennae.

5. Practical significance of the results obtained

Many of the host plants found are to be considered as potentially important sources of infestation of coffee plantations.

Selection and propagation of mildly infested coffee varieties, notably *C. canephora* var. Ebobo, may prove useful for the control of the beetles. Biological control does not seem very promising as few important parasites and predators are known. Chemical control should be based on the manner in which a heavy attack develops. An individual insecticidal treatment of the galleries in a period of low attack guarantees a satisfactory result. Control by means of systemic fungicides is, unfortunately, not yet possible.

6. General conclusion

The *Ambrosia* seems to be the only food source of mycetophagous Scolytoidea. They are therefore to be regarded as monophagous insects. The presence of hemicellulase in their intestine indicates that a good digestion of the fungi is possible. The *Ambrosia* has to provide all the nutrients required for a complete development of the beetles. The fungus is certainly more rich in nutritional elements than the wood in which the gallery is constructed, especially as to vitamins, amino acids, and probably phosphorus. The wood usually only contains small amounts of these elements, which are moreover in a form difficult to assimilate. In this respect the *Ambrosia* can be compared with the endosymbionts of xylophagous insects.

Most Scolytoidea only attack plants which are in a weakened condition. This seems to be due to the presence of repellent factors in healthy plants.

10. SAMENVATTING

Bij de bestrijding van insekten in de landbouw dient een goede kennis van de relatie insekt-waardplant als een fundamentele voorwaarde te worden beschouwd. Daar er weinig bekend is over deze betrekking bij mycetophage Scolytoidea (Ambrosiakevers) is als thema van dit onderzoek de relatie tussen *Xyleborus compactus* Eichh. (syn. *X. morstatti* Hag.), de koffietakkenboeboek, en zijn waardplant gekozen.

1. Inleiding

Een overzicht wordt gegeven van voedsel, gangsysteem met daarin de plaats van het broedsel, voedselkeuze, aard van het parasitisme en omvang van de veroorzaakte schade.

2. Verspreiding, waardplant-reeks en economische betekenis

Er wordt een opsomming gegeven van Scolytoidea, die in het hout van koffiestruiken boren.

X. compactus Eichh. is een belangrijke parasiet van de koffietakken en is nagenoeg door de gehele tropen verspreid. Zijn economische betekenis is gebonden aan de aanwezigheid van gevoelige koffievariëteiten (met name *Coffea canephora* var. *robusta*) en aan klimaatsomstandigheden, die gunstig zijn voor zijn ontwikkeling (vooral de temperatuur).

Als gevolg van de vestiging van gangen van *X. compactus* Eichh. in takken van *C. canephora* var. *robusta*, sterft ongeveer 15% van deze takken af, meestal reeds na 10 dagen, en de overige aangetaste takken verliezen ongeveer 10% van hun bladeren. Takken van een half tot twee jaar oud worden het sterkst aangetast. Het produktieverlies wordt geschat op 20 à 30%.

De mate van aantasting en de grootte van de schade is sterk wisselend bij verschillende koffievariëteiten.

De schade is voornamelijk te wijten aan de pathogene werking van de schimmel *Ambrosia*.

Andere economisch belangrijke planten, die aangetast worden, zijn: *Persea americana* Mill. (advokaat), *Theobroma cacao* L. (cacao) en enkele tropische houtsoorten in een jong stadium.

X. compactus Eichh. moet beschouwd worden als een primaire parasiet, die zijn gangen boort in zeer uiteenlopende plantensoorten; een lijst van de bekende waardplanten wordt gegeven.

De bestrijding van de kever wordt bemoeilijkt, doordat bijna de gehele levenscyclus zich in de gang voltrekt, afgesloten van de buitenwereld, en doordat de kever zich voedt met een schimmel: *Ambrosia*.

3. Biologie van *Xyleborus compactus* Eichh.

Er is een methode ontwikkeld om de kever in het laboratorium te kweken.

Tijdens het boren van de gang staakt het wijfje enige tijd haar booraktiviteit en wacht op de ontwikkeling van de *Ambrosia*.

De duur van de ontwikkelingsstadia van de kever en de variatie hierin is bestudeerd; het blijkt, dat de ontwikkelingsduur van de larven sterk wordt beïnvloed door de ontwikkeling van de *Ambrosia*. Het aantal nakomelingen per wijfje blijkt eveneens afhankelijk te zijn van de groei van de *Ambrosia*.

Door kopkapselmetingen is gebleken, dat er drie larvestadia zijn. In de oudere gangen zijn de larven kleiner, doordat er onvoldoende voedsel aanwezig is. De verhouding ♂♂/♀♀ in de gangen is gemiddeld 1:7; dit verhoudingsgetal wisselt sterk en blijkt kleiner te zijn, naarmate het aantal nakomelingen per wijfje groter is. Soms is het hele nageslacht mannelijk (parthenogenese).

De literatuurgegevens over de *Ambrosia* van andere Scolytoidea worden besproken. Het blijkt, dat de *Ambrosia* van *X. compactus* Eichh. afwijkend is; de schimmel wordt beschreven als *Ambrosiella* n. gen. *xylebori* n. sp.. De groei van de schimmel is afhankelijk van de temperatuur en van het vocht- en suikergehalte van het substraat. De schimmel vormt het enige voedsel van *X. compactus* Eichh.; de kever kan zich ook voeden met de *Ambrosia* van *Xyleborus semiopacus* Eichh., een schimmel, die anatomisch sterk verwant is aan *Ambrosiella xylebori*.

De jonge wijfjes, die uit een zelfde moedergang komen, zijn zeer verschillend in gewicht en afmetingen. Het tijdstip van uitkomen wordt voornamelijk bepaald door de dagelijkse schommeling van de temperatuur.

De bevruchting van de wijfjes vindt plaats in de moedergang in het begin van het volwassen stadium.

Het moederwijfje verlaat de gang 5-6 dagen voordat de jonge wijfjes naar buiten gaan. Zij kan een nieuwe gang boren en opnieuw broed voortbrengen.

4. De betrekkingen tussen *Xyleborus compactus* Eichh. en zijn waardplant

De dagelijkse en jaarlijkse schommelingen van het aantal nieuwe gangen in een bepaald aantal struiken van *C. canephora* var. *robusta* zijn gevolgd. Het blijkt, dat de optimale omstandigheden voor de aantasting door de kever zijn: temperatuur om 12.00 uur 's middags tussen 26,5 en 29,0°C, relatieve vochtigheid om 12.00 uur 's middags tussen 72 en 78%, weinig zon en geen regen op de dag van de aantasting. De fysiologische veranderingen in de koffietakken (suikergehalte) samen met de klimaatsinvloeden veroorzaken de schommelingen in het aantal nieuwe gangen gedurende het jaar.

Een verspreidingsvlucht van de wijfjes, die juist de moedergang verlaten hebben, is niet noodzakelijk, zoals bij andere Scolytoidea. Daardoor kan de aantasting op een bepaalde struik in korte tijd zeer sterk toenemen, uitgaande van enkele moedergangen.

Vliegende jonge wijfjes zijn gevangen met behulp van lijmplaten tot een hoogte van 17 m en op een afstand van 200 m van de plantage. Zij worden vooral door de wind verspreid.

Aangezien het wijfje, terwijl zij haar gang boort, geen ander voedsel tot haar beschikking heeft dan de *Ambrosia*, die in de moedergang gegeten is, moet zij spoedig een plaats bereiken, waar de schimmel kan groeien (het merg). Daartoe moeten eerst de schors en het hout doorboord worden. Dunne takken hebben derhalve de voorkeur. Voordat de gang geboord wordt, loopt het wijfje over de tak, waarin zij gehinderd wordt als deze behaard is. Door gomproduktie wordt het boren van een gang belemmerd.

Het gedrag van de wijfjes van *X. compactus* Eichh. ten opzichte van de waardplant is zowel in het veld als in het laboratorium bestudeerd.

De aantasting van een waardplant kan onderverdeeld worden in vijf fasen:

a. aantrekking van de vliegende wijfjes via een reukprikkel,

b. blijven op de plant veroorzaakt door een reukprikkel, die de neiging van de wijfjes om weg te vliegen vermindert,

c. beginnen van de boring onder invloed van een smaakstof, die waarschijnlijk zijn oorsprong vindt in het xyleem,

d. voltooien van de boring afhankelijk van de voedselreserves van het wijfje en van de struktuur van de weefsels, die zij moet doorboren,

e. boren van de broedgang bepaald door de groei van de *Ambrosia*.

Het waarnemen van de geurprikkel door de wijfjes vindt plaats via de antennen.

5. Betekenis van de resultaten van dit onderzoek voor de praktijk

Verschillende waardplanten moeten beschouwd worden als mogelijke aantastingsbronnen voor de koffieplantages.

Bij de bestrijding van de kever door middel van kultuurmaatregelen moet de selektie en verspreiding van weinig aangetaste koffievariëteiten (bijv. *C. canephora* var. Ebobo) voorop staan. Biologische bestrijding is niet mogelijk door de afwezigheid van belangrijke parasieten en roofvijanden. Chemische bestrijding moet gegrond zijn op het verloop van de ontwikkeling van een sterke aantasting van de koffiestruik. Behandeling van de afzonderlijke gangen met een insekticide op een tijdstip, waarop de aantasting gering is, zal goede resultaten geven. Een bestrijding met systemische fungiciden moet wachten op een verdere ontwikkeling van deze produkten.

6. Slotbeschouwing

Alle mycetophage Scolytoidea schijnen zich uitsluitend met *Ambrosia* te voeden; men moet ze dus als monophage insekten beschouwen. De aanwezigheid van hemicellulase in het darmkanaal van deze insekten wijst er op, dat de kevers in staat zijn de schimmels te verteren. De *Ambrosia* moet alle elementen verschaffen, die nodig zijn voor de ontwikkeling van deze insekten; de schimmel is zeker rijker aan vitamines, aminozuren en waarschijnlijk fosfor dan het hout,

waar de gangen in geboord worden. Hout bevat meestal slechts geringe hoeveelheden van deze stoffen en dan nog in moeilijk verteerbare vorm. In deze zin kan men de *Ambrosia* vergelijken met de endosymbionten van houtetende insekten.

De meeste Scolytoidea zijn zwakte-parasieten; dit lijkt het gevolg te zijn van afwerende faktoren, die in de plant in volle groei aanwezig zijn.

11. BIBLIOGRAPHIE

ALIBERT, H., 1951. Les insectes vivant sur les cacaoyers en Afrique occidentale. Mém. Inst. fr. Afr. noire **15**: 174 pp..

ANDERSON, R. F., 1948. Host selection by the pine engraver. J. econ. Ent. **41**: 596–602.

ANONYME, 1959. Shot-hole borers. Quart. Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst. **53**: 20–21.

ANONYME, 1960. West African Cocoa Research Institute entomological work at the Nigerian sub-station – Experiments in shot-hole borer control. Rep. 7th Commonw. ent. Conf.: 389–390.

AULMANN, G., 1911. Schädlinge an Kulturpflanzen aus deutschen Kolonien. Mitt. zool. Museum Berlin **5**: 422–450.

BAKER, J. M., 1960. Ambrosia beetle attack on living *Baikiaea insignis* subsp. *minor*. Emp. For. Rev. **39**: 341–343.

BAKER, J. M., 1963. Ambrosia beetles and their fungi, with particular reference to *Platypus cylindrus* Fab.. Symp. Soc. gen. Microbiol. **13**: 232–265.

BAKSHI, B. K., 1950. Fungi associated with ambrosia beetles in Great Britain. Trans. Brit. mycol. Soc. **33**: 111–120.

BALACHOWSKY, A., 1949. Coléoptères scolytides. Faune de France **50**, Lechevalier, Paris: 320 pp..

BATRA, L. R., 1963. Contributions to our knowledge of Ambrosia fungi. II. *Endomycopsis fasciculata* nom. nov. (Ascomycetes). Amer. J. Bot. **50**: 481–487.

BATRA, L. R. et H. FRANCKE-GROSMANN, 1961. Contributions to our knowledge of Ambrosia fungi. I. *Ascoidea hylecoeti* sp. nov. (Ascomycetes). Amer. J. Bot. **48**: 453–456.

BECKER, G., 1943. Zur Ökologie und Physiologie holzzerstörender Käfer. Z. angew. Ent. **30**: 104–118.

BEESON, C. F. C., 1917. The life history of *Diapus furtivus* Sampson. Indian For. Rec. **6**: 1–29.

BETREM, J. G., 1930. Koffie en insecten. Bergcultures **4**: 1012–1017.

BETREM, J. G., 1931a. Een en ander over de takkenboeboek. Bergcultures **5**: 404–412.

BETREM, J. G., 1931b. Voorloopige mededeeling over het smeren met bessenboeboeksmeer als voorbehoedmiddel tegen takkenboeboek. Bergcultures **5**: 799–801.

BETREM, J.G., 1931c. Enkele opmerkingen over den takkenboeboek en zijn schade. Bergcultures **5**: 1100–1102.

BETREM, J. G., 1931d. Beschrijving van de door het proefstation gewenschte proeven over den takkenboeboek. Bergcultures **5**: 1102–1115.

BETREM, J. G., 1931e. Ambrosia kevers. Handelingen zesde Ned.-Ind. Natuurw. Cong.: 440–448.

BETREM, J. G., 1932a. Takkensterfte en boeboek. Bergcultures **6**: 57–64.

BETREM, J.G., 1932b. Korte mededeling van het Proefstation Midden- en Oost-Java no. 3. Overzicht met afbeeldingen van de levenswijze van den takkenboeboek. Bergcultures **6**: 1085–1089.

BETREM, J. G., 1932c. Meded. van het Proefst. Malang no. **82**: 17–26.

BETREM, J. G. et J. GANDRUP, 1932. Het nut van het verwijderen van aangetaste takken. Bergcultures **6**: 1124–1129.

BLACKMAN, M. W., 1922. Mississippi bark beetles. Tech. Bull. Miss. agric. Exp. Sta. **11**: 130 pp..

BLETCHLY, J. D., 1961. A review of factors affecting ambrosia beetle attack in trees and felled logs. Emp. For. Rev. **40**: 13–18.

BLETCHLY, J. D. et M. G. WHITE, 1962. Significance and control of attack by the Ambrosia Beetle *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Col. Scolytidae) in Argyllshire Forests. Forestry **35**: 139–163.

BRADER, L., 1962. Observations on the life history of *Xyleborus morstatti* in the Ivory Coast. Tijdsch.Pl.-ziekt. **69**: 111–113.

BROWN, E. S., 1954. *Xyleborus morstatti* Hag. (Coleoptera, Scolytidae), a shot-hole borer attacking Avocado pear in the Seychelles. Bull. ent. Res. **45**: 707–710.

BROWNE, F. G., 1935. Biological notes on some Malayan ambrosia beetles. Malay. Forester **4**: 18–22.
BROWNE, F. G., 1938. The incidence of ambrosia beetle attack on poisoned and girdled trees. Malay. Forester **7**: 77–86.
BROWNE, F.G., 1949. Tests of preservatives against ambrosia beetles in Malaya. Malay. Forester **12**: 174–189.
BROWNE, F.G., 1952. Suggestions for future research in the control of ambrosia beetles. Malay. Forester **15**: 197–206.
BROWNE, F. G., 1958. Some aspects of host selection among ambrosia beetles in the humid tropics of South-east Asia. Malay. Forester **21**: 164–182.
BROWNE, F. G., 1961a. The biology of Malayan Scolytidae and Platypodidae. Malay. For. Rec. **22**: 255 pp..
BROWNE, F. G., 1961b. The shot-hole borer of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum.. 4th Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit: 6–8.
BROWNE, F. G., 1961c. Preliminary observations on *Doliopygus dubius* (Samps.) (Coleopt.: Platypodidae). 4th Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit: 15–30.
BROWNE, F. G., 1962. The emergence, flight and mating behaviour of *Doliopygus conradti* (Strohm.) (Coleoptera, Platypodidae). 5th Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit: 21–27.
BROWNE, F. G., 1963. Notes on the habits and distribution of some Ghanaian bark beetles and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). Bull. ent. Res. **54**: 229–266.
BRUES, C. T., A. L. MELANDER et F. M. CARPENTER, 1954. Classification of insects. Bull. Mus. comp. Zool. Harv., Cambridge, Mass. **108**: 917 pp..
BRUNEL, A., 1949. Traité pratique de chimie végétal. Éd. Georges Frères, Tourcoing, T. **3**: 46.
BUCHANAN, W. D., 1941. Experiments with an ambrosia beetle, *Xylosandrus germanus* (Bldf.). J. econ. Ent. **34**: 367–369.
BUCHNER, P., 1953. Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Verl. Birkhäuser, Basel: 771 pp..
CACHAN, P., 1957. Les Scolytoidea mycétophages des forêts de Basse Côte d'Ivoire. Thèses présentées à la faculté des Sciences de l'Université de Paris, Libr. le François, Paris: 126 pp..
CHAPMAN, J.A., 1958. Studies on the physiology of the ambrosia beetle *Trypodendron* in relation to its ecology. Proc. 10th Int. Cong. Ent. **4**: 375–380.
CHAPMAN, J. A., 1962. Field studies on attack, flight and log selection by the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Oliv.) (Coleoptera: Scolytidae). Canad. Ent. **94**: 74–92.
CHAPMAN, J. A., 1963. Field selection of different log odors by scolytid beetles. Canad. Ent. **95**: 673–676.
CHAPUIS, F. et W. EICHHOFF, 1875. Scolytides recueillis au Japon par M. C. Lewis. Bruxelles. Ann. Soc. ent. Belg. **18**: 195–204.
CHARARAS, C., 1961. Recherches sur la spécificité de *Xyloterus lineatus* Ol. (Coléoptères Scolytidae). C. R. Acad. Sci., Paris, **252**: 602–604.
CHARLOT, G. et R. GAUGUIN, 1952. Dosages colorimétriques. Principes et méthodes. Masson et Cie., Paris: 243 pp..
CHEVALIER, A., 1931. Sur un dangereux ennemi du caféier en Guinée française; le borer des rameaux (*Xyleborus morstatti* Haged.). Rev. Bot. appl. Agr. trop. **11**: 661–665.
CHEVALIER, A., 1947. Les caféiers du globe. Éd. Lechevalier, Paris, fsc. **3**: 360 pp..
COCHRANE, V. W., 1958. Physiology of Fungi. John Wiley & Sons Inc., New York: 524 pp..
CORDIER, L., 1961. Les objectifs de la sélection caféière en Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé **5**: 147–159.
CORPORAAL, J. B., 1921. Verslag van de dierkundige afdeeling. Meded. Alg. Proefst. A.V.R.-O.S. **13**: 20–23.
COSTE, R., 1955. Les caféiers et les cafés dans le monde. Éd. Larose, Paris, T. **1**: 381 pp..
DECELLE, J., 1962. Plantes-hôtes de *Xyleborus morstatti* Hag. recensées en Basse Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé **6**: 207–208.
DETHIER, V. C., 1937. Gustation and olfaction in lepidopterous larvae. Biol. Bull. **72**: 7–23.
DINTHER J. B. M., VAN, 1960. Insect pests of cultivated plants in Surinam. Bull. agric. Exp. Sta., Suriname **76**: 1–159.

DOANE, R. W. et O. J. GILLILAND, 1929. Three Californian ambrosia beetles. J. econ. Ent. **22**: 915–921.
DONALD, R. G., 1960. Shot-hole borers. Ann. Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst. 1958–59: 72–74.
DUPORT, L., 1911. Sur un ennemi du caféier. Le *Xyleborus coffeae* Wurth.. Bull. écon. Indo-Chine **90**: 392–397.
EGGERS, H., 1922. Kulturschädliche Borkenkäfer des indischen Archipels. Entom. Berichten **6**: 84–88.
EGGERS, H., 1928. Ipidae (Coleoptera) da America do Sul. Arch. Inst. biol. **1**: 83–99.
ENTWISTLE, P. F., 1960. A review of the problems of shot-hole borer (Coleoptera, Scolytidae and Platypodidae) attack in cocoa in West Africa. Proc. 8th Inter-Amer. Cocoa Conf., Trinidad and Tobago: 208–223.
ENTWISTLE, P. F., 1962. Shot-hole borers. Ann. Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst. 1960–61: 81–85.
ENTWISTLE, P.F., 1963a. Shot-hole borers. Ann. Rep. W. Afr. Cocoa Res. Inst. 1961–62: 100–103.
ENTWISTLE, P.F., 1963b. Some evidence for a colour sensitive phase in the flight period of Scolytidae and Platypodidae. Ent. exp. appl. **6**: 143–148.
ESCHERICH, K., 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Paul Parey, Berlin, Vol. **2**: 427–646.
FISCHER, R. C., G. H. THOMPSON et W. E. WEBB, 1953. Ambrosia beetles in forest and sawmill. Their biology, economic importance and control. For. Abstr. **14**: 381–389.
FOUGEROUSSE, M., 1957. Les piqures des grumes de coupe fraîche en Afrique tropicale. Bois et For. Trop. **55**: 39–52.
FRAENKEL, G., 1952. The role of symbionts as sources of vitamins and growth factors for their insect hosts. Tijds. v. Entom. **95**: 183–196.
FRANCKE-GROSMANN, H., 1956a. Grundlagen der Symbiose bei pilzzüchtenden Holzinsekten. Verhandl. Deutschen Zool. Gesellsch. Hamburg: 112–118.
FRANCKE-GROSMANN, H., 1956b. Hautdrüsen als Träger der Pilzsymbiose bei Ambrosiakäfern. Z. Morph. Ökol. Tiere **45**: 275–308.
FRANCKE-GROSMANN, H., 1963. Some new aspects in forest entomology. Ann. Rev. Ent. **8**: 415–438.
FRANSSEN, C. J. H. et L. M. J. TIGGELOVEND, 1935. De vijanden en de ziekten van de orchideeën op Java en hunne bestrijding. Kolff & Co., Batavia: 84 pp..
FRAPPA, C., 1933. Sur deux nouveaux Scolytides du genre *Xyleborus* nuisibles aux rameaux du caféier à Madagascar. Bull. Soc. ent. Fr. **38**: 178–181.
GADD, C. H., 1941. Observations on an attack by shot-hole borer on Tea. Tea Quart. **14**: 132–146.
GADD, C.H., 1943. Does manuring reduce the damage caused by shot-hole borer. Tea Quart. **16**: 30–39.
GADD, C. H., 1944. A further note on an unusual correlation between insect damage and crop harvested. Ann. appl. Biol. **31**: 250–254.
GADD, C. H. et C. A. LOOS, 1947. The ambrosia fungus of *Xyl. fornicatus* Eichh.. Trans. Brit. mycol. Soc. **31**: 13–18.
GRAHAM, K. et A. E. WERNER, 1956. Chemical aspects of log selection by ambrosia beetles. Bi-mon. Prog Rep. For. Biol. Div. Dep. Agric. Can. **12**: 3–4.
GRAHAM, S. A., 1952. Forest Entomology. McGraw-Hill Book Comp., New York: 351 pp..
GREEN, E., 1912. Shot-hole borers (Scolytidae and Bostrichidae). Trop. Agric. **38**: 37–39.
GREGORY, J. L., 1954. Nigeria. Review of the work by the entomological section, Dept. of Agric. 1948–54. Rep. 6th Commonw. Ent. Confr.: 293–296.
HADORN, C., 1933. Recherches sur la morphologie, les stades évolutifs et l'hivernage du bostryche liseré (*Xyloterus lineatus* Oliv.). Beih. Z. Schw. Forstver. **11**: 1–120.
HAGEDORN, M., 1912. Ipiden als Kaffeeschädlinge. Ent. Blätter **8**: 33–43.
HAGEDORN, M., 1913. Borkenkäfer (Ipidae), welche tropische Nutzpflanzen beschädigen. Tropenpflanzer **17**: 99–104.
HALL, C. J. J. VAN, 1926. Ziekten en plagen der cultuurgewassen in Nederlandsch-Indie in 1925. Meded. Inst. Plantenziekten **70**: 51 pp..

HARGREAVES, E., 1930. Annual Report of the Entomological Section for the year 1929. Ann. Rep. Agric. Dep. Sierra Leone 1929: 16–18.

HARTIG, TH., 1844. Ambrosia des *Bostrichus dispar*. Allg. Forst- und Jagdzeit. **13**: 73–74.

HENRARD, P., 1952. Étude préliminaire de la faune entomologique et de la protection des bois exploités au Mayumbe. Bull. agric. Congo belge **43**: 463–480.

HERNDLHOFER, E., 1933. Menge und Verteilung von Protein, Coffein, Mono- und Diaminosäuren in der Kaffeepflanzen und deren monatliche Schwankungen während einer Vegetationsperiode. Tropenpflanzer **36**: 279–308.

HOGAN, T. W., 1948. Pin-hole borers of fire-killed Mountain Ash. The biology of the pin-hole borer – *Platypus subgranosus* S. J. Dep. Agric. Victoria, Melbourne **46**: 373–380.

HOPF, H. S., 1938. Investigations into the nutrition of the Ash-bark beetle, *Hylesinus fraxini* Panz.. Ann. appl. Biol. **25**: 390–405.

HUBBARD, H. G., 1897. The ambrosia beetles of the United States. U.S. Dep. Agric., Div. Ent. Bull. **7** n.s.: 9–30.

JACOB, J. C. 's, 1931. De tegenwoordige stand van het takkenboeboek vraagstuk in Besoeki. Bergcultures **5**: 1192–1200.

JACOB, J. C. 's, 1934. Het takkenboeboekvraagstuk. Bergcultures **8**: 1041–1050.

JEPSON, W. F., 1939. Entomological Division. Ann. Rep. Dept. Agric. Mauritius 1937: 41–46.

JONES, T., 1960. Ambrosia beetle research in West Africa. Rep. 7th Commonw. Ent. Conf.: 88–94.

JONES, T. et H. ROBERTS, 1959. Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit 1955–58: 62 pp..

JOVER, H., 1951. Note préliminaire sur les modalités de l'attaque du bois d'avodiré (*Turreanthus africana* Welw. Pellegrin) par différents coléoptères xylophages en Basse Côte d'Ivoire. Rev. Path. vég. Ent. agr. Fr. **30**: 54–55.

JURZITZA,G., 1959. Physiologische Untersuchungen an Cerambycidensymbionten. Ein Beitrag zur Kenntnis der Symbiose holzfressender Insektenarten. Archiv. Mikrobiol. **33**: 305–332.

KALSHOVEN, L.G.E., 1926. Beschadigingen, Ziekten en Plagen van Mahonie (*Swietenia mahagoni* en *S. macrophylla*) aangeplant op Java. Meded. Inst. Plantenziekten **69**: 126 pp..

KALSHOVEN, L. G. E., 1951. De plagen van de Cultuur-Gewassen in Indonesië. W. van Hoeve, s'Gravenhage-Bandoeng, Dl. **2**: 847–851.

KALSHOVEN, L. G. E., 1958a. Studies on the biology of Indonesian Scolytoidea. 1. *Xyleborus fornicatus* Eichh. as a primary and secondary shot-hole borer in Java and Sumatra. Entom. Berichten **8**: 147–160; 185–190.

KALSHOVEN, L. G. E., 1958b. The occurence of the primary twig borer *Xyleborus morstatti* Hag. in Indonesia. (Studies on the biology of Indonesian Scolytoidea nr. 3). Entom. Berichten **18**: 220–230; 244–252.

KALSHOVEN, L. G. E., 1958c. Studies on the biology of Indonesian Scolytoidea. 4. Data on the habits of Scolytidae. First part. Tijds. v. Entom. **101**: 157–180. Second part. Tijds. v. Entom. **102**: 135–173.

KALSHOVEN, L. G. E., 1959. Dr. A. Zimmermann's Java Scolytids identified. (Studies on the biology of Indonesian Scolytoidea nr. 5). Entom. Berichten **19**: 224–227.

KALSHOVEN, L. G. E., 1960. Studies on the biology of Indonesian Scolytoidea. 7. Data on the habits of Platypodidae. Tijds. v. Entom. **103**: 31–50.

KALSHOVEN, L. G. E., 1961a. Observations on the ecology and epidemiology of *Xyleborus destruens* Bldf., the near-primary borer in teak plantations in Java. Bijdr. Dierk. **31**: 5–21.

KALSHOVEN, L. G. E., 1961b. A note on the identity of *Xyleborus* species, formerly reported as twig borers of coffee in Tonkin. Entom. Berichten **21**: 133–136.

KALSHOVEN, L. G. E., 1962. Note on the habits of *Xyleborus destruens* Bldf., the near-primary borer of teak trees on Java. Entom. Berichten **22**: 7–18.

KALSHOVEN, L. G. E., 1963. Ecological data on some neotropical Scolytidae, Platypodidae and Bostrychidae (Coleoptera), mainly of Surinam. Beaufortia **9**: 232–240.

KEUCHENIUS, A. A. M. N., 1931. Overzicht der ziekten en plagen op koffie op ondernemingen in Zuid- en West- Sumatra over het jaar 1930. Bergcultures **5**: 203–204.

KOCH, A., 1959. Warum Symbiose. Scientia **94**: 62–68.

KOCH, A., 1960. Intracellular symbiosis in Insects. Ann. Rev. Microbiol. **14**: 121–140.
KOENRAADT, J., 1956. Chemische bestrijding van de larven van de cacaotor. Sur. Landbouw **4**: 197–201.
KONINGSBERGER, J. C. et A. ZIMMERMANN, 1901. De dierlijke vijanden der koffiecultuur op Java II. Meded. uit s'lands plantentuin, Batavia **44**: 125 pp..
KRUG, C. A., 1959. World Coffee Survey, draft of an FAO agricultural study. Food and Agric. Org. Un. Nations, Rome: 292 pp..
LAVABRE, E. M., 1958. Le scolyte des branchettes du caféier robusta *Xyleborus morstatti* Haged.. Café, Cacao, Thé **2**: 119–130.
LAVABRE, E. M., 1959. Le scolyte des branchettes du caféier robusta *Xyleborus morstatti* Haged.. Café, Cacao, Thé **3**: 21–33.
LAVABRE, E. M., 1962. Recherches biologiques et écologiques sur le scolyte des rameaux de caféiers. Inst. Fr. Café Cacao Bull. **2**: 137 pp..
LEACH, J. G., A. C. HODSON, ST J. P. CHILTON et C. M. CHRISTENSEN, 1940. Observations on two ambrosia beetles and their associated fungi. Phytopathology **30**: 227–236.
LEVER, R. J. A. W., 1939. The avocado beetle borer and mealy bug. Agric. J. Fiji **10**: 17.
LHOSTE, J. et A. ROCHE, 1959. Contribution à la connaissance de l'anatomie interne de *Xyleborus morstatti* Haged.. Café, Cacao, Thé **3**: 76–86.
LOSCHIAVO, S. R., S. D. BECK et D. M. NORRIS, 1963. Behavioral responses of the smaller european elm bark beetle, *Scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae) to extracts of elm bark. Ann. ent. Soc. Am. **56**: 764–768.
LOUÉ, A., 1957. La nutrition minérale du caféier en Côte d'Ivoire. Centre Rech. Agron. Bingerville: 205 pp..
MALLAMAIRE, A., 1954. Les principaux insectes foreurs des tiges rameaux et stipes des plantes cultivées dans l'ouest africain. Congr. prot. végétaux Marseille: 22–23.
MANN, T., 1944. Studies on the metabolism of mould fungi. I. Phosphorus metabolism in moulds. Biochem. J. **38**: 339–345.
MAYNÉ, R. et C. DONIS, 1962. Hôtes entomologiques du bois. II. Distribution au Congo, au Rwanda et au Burundi. Publ. Inst. Nat. Ét. Agron. Congo, sér. sc. **100**: 514 pp..
MEIFFREN, M., 1957. Les maladies du caféier en Côte d'Ivoire. Centre Rech. Agron. Bingerville: 103 pp..
MEIFFREN, M. et M. BELIN, 1960. Essai de traitement mixte insecticide et fongicide contre le scolyte des rameaux du caféier *Xyleborus morstatti* Haged.. Café, Cacao, Thé **4**: 150–158.
MULLER, H. R. A., 1933. Ambrosiaschimmels van tropische Scolytidae. Versl. Vergad. Afd. Ned. Oost-Indië Ned. Ent. Ver. **1**: 55–58.
MÜLLER, W., 1934. Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakteriën. III. Mitteilung: über die Pilzsymbiose holzfressender Insektenlarven. Archiv. Mikrobiol. **5**: 84–147.
MURAYAMA, J. J. et L. G. E. KALSHOVEN, 1962. *Xyleborus morstatti* Hag., a synonym of *X. compactus* Eichh. (Col. Scolytidae). Entom. Berichten **22**: 247–250.
NANTA, J. P., 1954. Les principaux insectes et nématodes nuisibles au caféier en Afrique occidentale. Inspect. Gén. Agric. Bull. sci. Sect.tech. Agric. trop. **5**: 457–479.
NEGER, F. W., 1909. Ambrosiapilze. II Die Ambrosia der Holzbohrkäfer. Ber. dtsch. bot. Ges. **27**: 372–389.
NEGER, F. W., 1911. Ambrosiapilze. IV Tropische Ambrosiapilze. Ber. dtsch. bot. Ges. **29**: 50–58.
NELSON, J. W. et L. S. PALMER, 1935. The phosphorus content and requirements of the flour beetle *Tribolium confusum* Duval and a study of its need for Vitamin D. J. agric. Res. **50**: 849–852.
PARKIN, E. A., 1940. The digestive enzymes of some wood-boring beetle larvae. J. exp. Biol. **17**: 364–377.
PAULIAN, R., 1949. Ordre des Coléoptères. Partie systématique. Traité de Zoologie, dir. P.P. Grassé **9**: 892–1077..
POCHET, P. et J. HATERT, 1962. Contribution à l'étude phénologique du caféier Robusta

(*Coffea canephora* Pierre) dans les conditions de Yangambi. Publ. Inst. Nat. Ét. Agron. Congo, sér. sc. **94**: 43 pp..

PORGES, N., 1932. Chemical composition of *Aspergillus niger* as modified by zinc sulphate. Bot. Gaz. **94**: 197–205.

PREBBLE, M. L., 1960. Ambrosia beetle – *Trypodendron lineatum* (Ol.). Rep. 7th Commonw. Ent. Conf.: 240–241.

REID, R. W., 1962. Biology of the Mountain Pine Beetle, *Dendroctonus monticolae* Hopkins, in the East Kootenay Region of British Columbia. II Behaviour in the host, fecundity and internal changes in the female. Canad. Ent. **94**: 605–613.

REYDON, G. A., 1933. Voorloopige mededeeling over Diplodia en takkenboeboek. Bergcultures **7**: 1172–1180.

RITCHIE, A. H., 1934. Report of the entomologist, 1934. Ann. Rep. Dep. Agric. Tanganyika 1934: 73–83.

ROBERTS, H., 1961a. The adult anatomy of *Trachyostus ghanaensis* Schedl (Platypodidae), a W. African beetle, and its relationship to changes in adult behaviour. 4th Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit: 31–38.

ROBERTS, H., 1961b. Seasonal variation in the attack of ambrosia beetles in the Bobiri forest reserve, Kumasi, Ghana, and the effect of tree poisoning on the level of the ambrosia beetle population. 4th Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit: 53–60.

RUDINSKY, J. A., 1962. Ecology of Scolytidae. Ann. Rev. Ent. **7**: 327–348.

SCHEDL, K. E., 1952. Scolytoidea nouveaux du Congo Belge. Ann. Mus. Royal Congo Belge, Tervuren, Série in 8e, Sc. zool. **13**: 63 pp..

SCHEDL, K. E., 1958. Breeding habits of arboricole insects in Central Africa. Proc. 10th Int. Cong. Ent. **1**: 183–197.

SCHNEIDER-ORELLI, O., 1913. Untersuchungen über den pilzzüchtender Obstbaumborkenkäfer *Xyleborus* (*Anisandrus*) *dispar* und seinen Nährpilz. Zbl. Bakt. 2° Abt. **38**: 25–110.

SCHULZ, G., 1938. Der Einflus einiger Schwermetalsalze (Zn, Cd, Mn, Fe) auf die chemische Zusammenstellung von *Aspergillus niger*. Planta **27**: 196–218.

SIGWALT, B., 1962. Évaluation et physionomie des dégâts du borer des branchettes du caféier *Xyleborus morstatti* Haged. (Col. Scolytidae). Café, Cacao, Thé **6**: 115–124.

SOMASEKHAR, P., 1958. Pests of Coffee and their control. Indian Coffee **22**: 220–246.

SPEYER, E. R., 1923. Notes upon the habits of Ceylonese Ambrosia-beetles. Bull. ent. Res. **14**: 11–23.

STAHEL, G., 1917. Over een schorskevertje (*Xyleborus perforans* Woll.) in de Liberia koffie. Med. Dep. Landbouw Suriname **8**: 3 pp..

STROHMEYER, H., 1918. Die morphologie des Chitinskeletts der Platypodiden. Archiv. Naturgesch. **84 A, 7**: 1–42.

SUMI, M., 1928. Über die chemischen Bestandteile der Sporen von *Aspergillus oryzae*. Biochem. Z. **195**: 161–174.

SWAINE, J. M., 1918. Canadian Bark Beetles, Part II. Dep. Agr. Can. Bull. **14**: 143 pp..

TICHELER, J. H. G., 1961. Étude analytique de l'épidémiologie du scolyte des graines de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en Côte d'Ivoire. Meded. LandbHogesch., Wageningen **61**: (11): 49 pp..

TROTTER, A., 1934. Il fungo Ambrosia delle gallerie di un Xyleborino di Ceylon. Ann. Ist. sup. agr. Portici, ser. 3, **6**: 256–275.

ULTÉE, A. J., 1931a. De takkenboeboek. Bergcultures **5**: 1098–1100.

ULTÉE, A. J., 1931b. Verslag over de werkzaamheden van het Proefstation Malang in het jaar 1930. Meded. Proefst. Malang **80**: 17–22.

ULTÉE, A. J., 1932. Verslag over de werkzaamheden van het Proefstation Malang in het jaar 1931. Meded. Proefst. Malang **82**: 17–24.

VERRALL, A. F., 1943. Fungi associated with certain ambrosia beetles. J. agric. Res. **66**: 135–144.

VINCENT, J. J., 1961. Le scolyte des rameaux du caféier *C. canephora* en Côte d'Ivoire (*Xyleborus morstatti* Haged.). Café, Cacao, Thé **5**: 102–113.

VITÉ, J. P., 1961. The influence of water supply on oleoresin exudation pressure and resistance to bark beetle attack in *Pinus ponderosa*. Contr. Boyce Thompson Inst. **21**: 37–66.

VITÉ, J. P. et R. J. GARA, 1962. Volatile attractants from Ponderosa pine attacked by bark beetles (Col. Scolytidae). Contr. Boyce Thompson Inst. **21**: 251–273.
VOGEL, A. I., 1955. Quantitative Inorganic Analysis: 643. Longmans, London, 918 pp..
VRIJDAGH, J. M., 1947. Les principaux insectes des tiges des caféiers. Bull. Cafécongo **1**: 13–16.
WEBB, S., 1945. Australian ambrosia fungi. Proc. Roy. Soc. Victoria, Melbourne **57**: 57–78.
WEBB, W. E. et T. JONES, 1956. The ambrosia beetle problem and log protection in West Africa. Rec. 1956 Ann. Con. Brit. Wood Pres. Ass.: 63–77.
WEBB, W. E. et T. JONES, 1957. Rep. W. Afr. Timb. Borer Res. Unit 1953–55: 44 pp.
WICHMANN, H. E., 1954. Scolytoidea, Borkenkäfer, Bark Beetles, in P. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Paul Parey, Berlin u. Hamburg, Bd V, **2**: 500–557.
WOOD, S. L., 1963. Communication personnelle.
ZEHNTNER, L., 1898. De riet-schorskever, *Xyleborus perforans* Woll.. Meded. Proefst. Suikerriet West-Java **44**: 501–521.
ZIMMERMANN, A., 1908. Ueber Ambrosiakäfer und ihre Beziehungen zur Gummibildung bei *Acacia decurrens*. Zbl. Bakt. 2° abt. **20**: 716–724.

PLANCHES

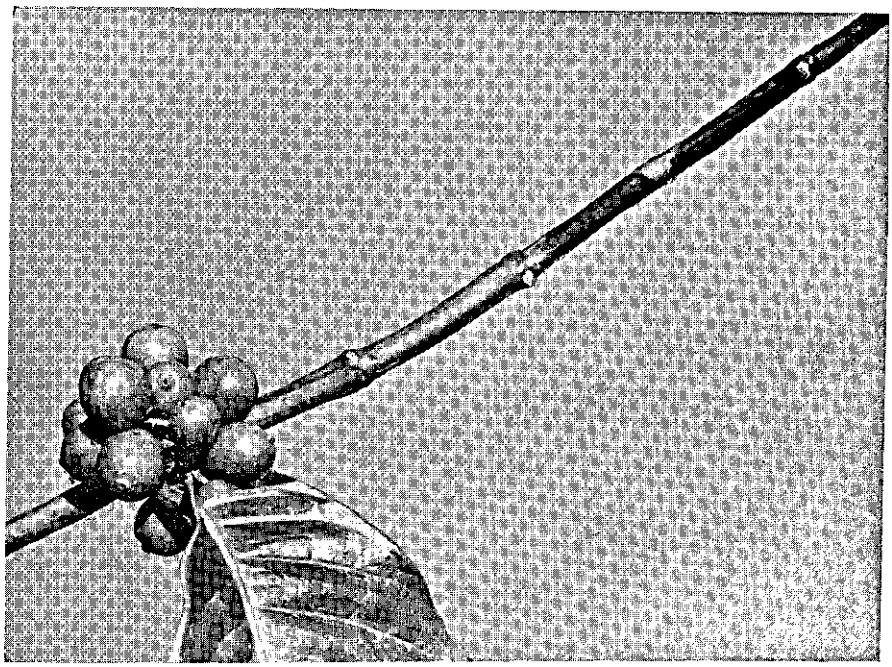


PLANCHE 1. Rameau de *Coffea canephora* var. *robusta* attaqué par *X. compactus* Eichh.. Un noircissement s'étend autour de l'orifice d'entrée de la galerie couvrant une grande partie du rameau; le rameau a perdu la plupart de ses feuilles.

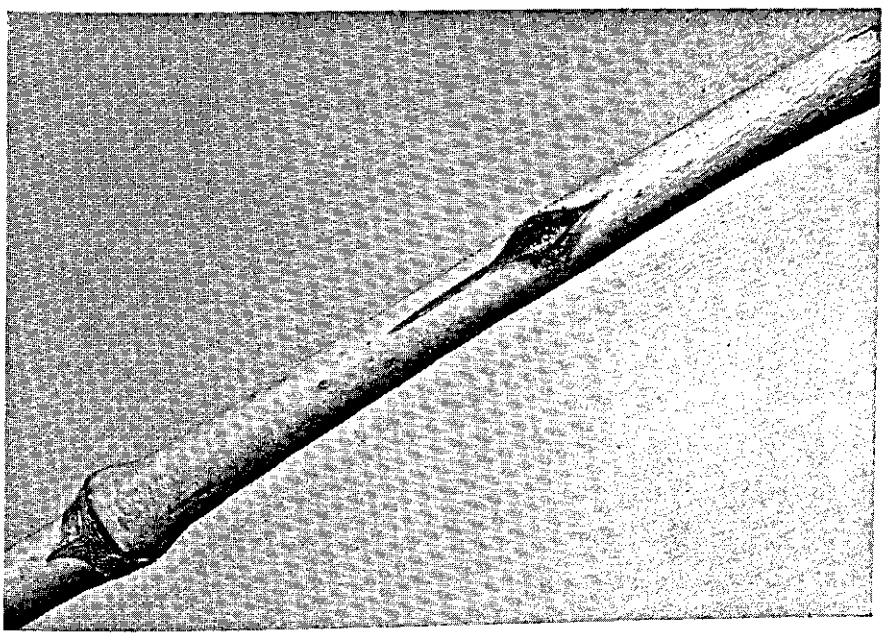


PLANCHE 2. Rameau de *Coffea canephora* var. *robusta* attaqué par *X. compactus* Eichh. sans noircissement sérieux du rameau.

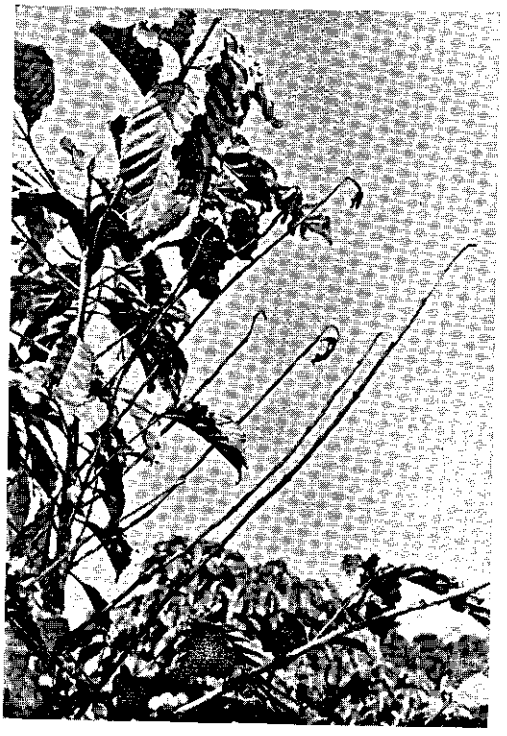


PLANCHE 3. *Coffea canephora* var. *robusta* attaqué par *X. compactus* Eichh.. Les branches agées de six mois à deux ans sont les plus attaquées; il ne reste que quelques rameaux survivants au sommet de l'arbuste.

PLANCHE 4. Effet de l'attaque de *Coffea canephora* var. *robusta* par *X. compactus* Eichh.. À droite: caféier très attaqué par le scolyte; l'arbuste a perdu beaucoup de ses branches. A gauche: caféier peu attaqué par le scolyte.

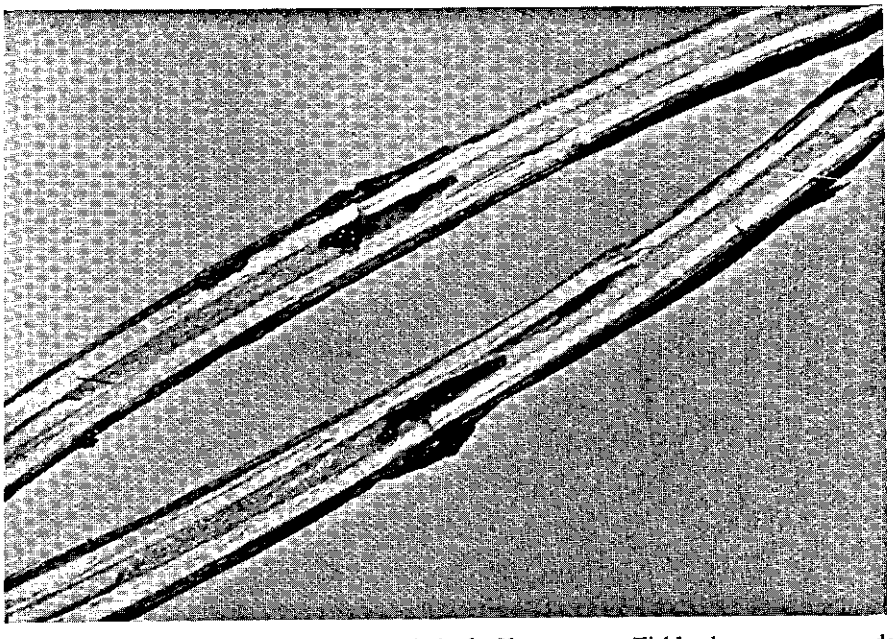


PLANCHE 5. Coupe longitudinale d'une galerie de *X. compactus* Eichh. dans un rameau de *Coffea*, montrant la forme et l'emplacement de la galerie.

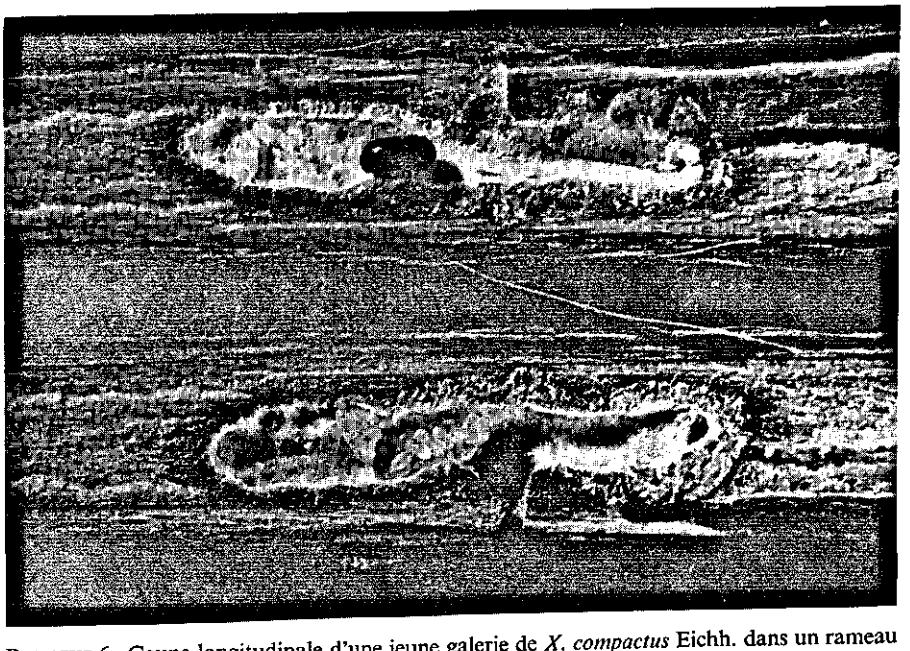


PLANCHE 6. Coupe longitudinale d'une jeune galerie de *X. compactus* Eichh. dans un rameau de *Coffea*. L'*Ambrosia* sur les parois de la galerie se présente comme une couche blanche brillante.

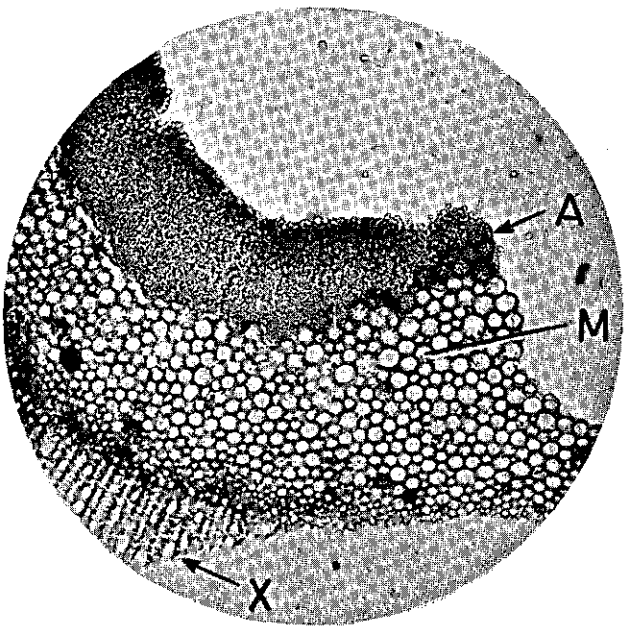


PLANCHE 7. Coupe transversale d'un rameau de *Coffea* au niveau d'une galerie de *X. compactus* Eichh. montrant le revêtement d'*Ambrosia*. X = xylème, M = moelle, A = *Ambrosia*.

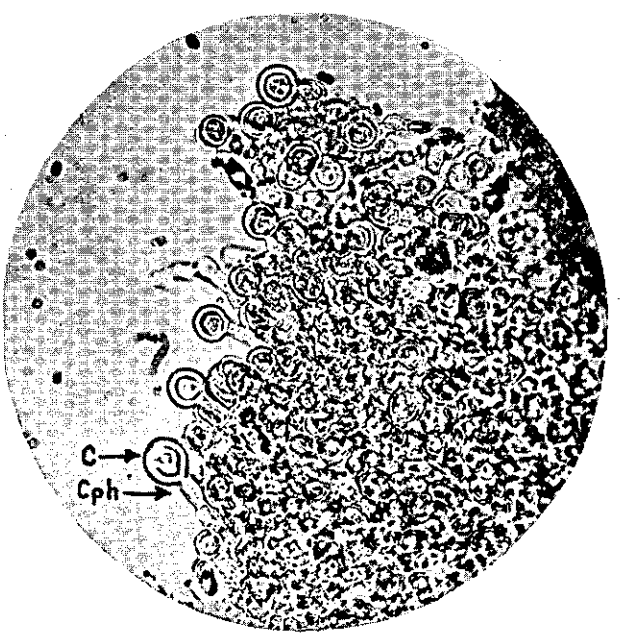


PLANCHE 8. Coupe microscopique de la couche d'*Ambrosia* dans une galerie de *X. compactus* Eichh.. C = conidie, Cph = conidiophore.

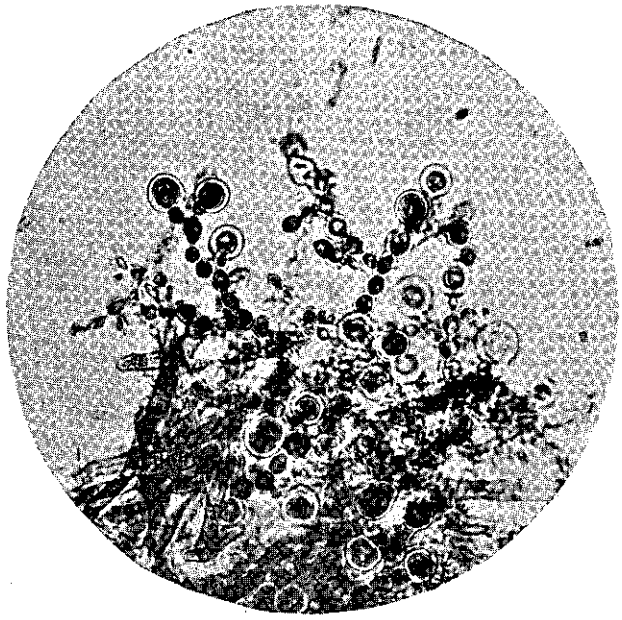


PLANCHE 9. Coupe microscopique d'*Ambrosiella xylebori* montrant les conidiophores ramifiés à cellules arrondies surmontés par une grande conidie.

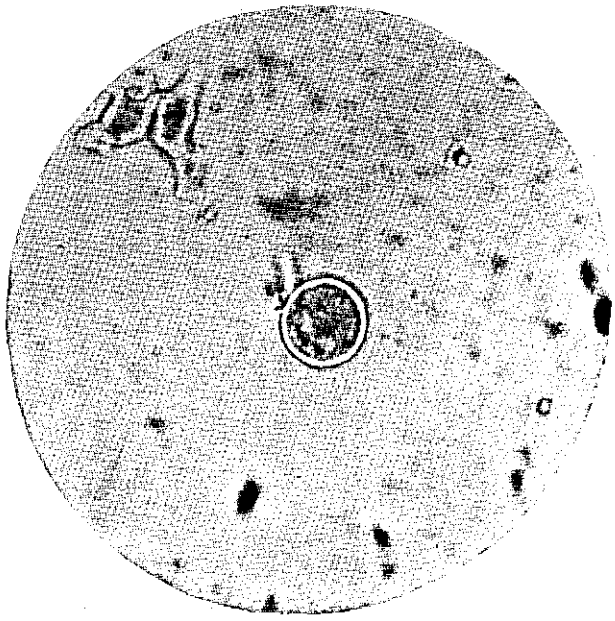


PLANCHE 10. Coupe microscopique montrant une conidie globuleuse d'*Ambrosiella xylebori.*

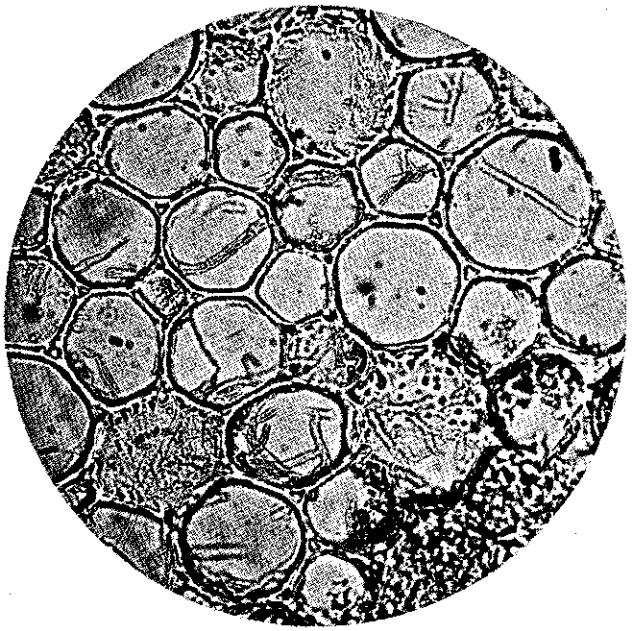


PLANCHE 11. Coupe transversale d'un rameau de *Coffea* attaqué par *X. compactus* Eichh.. Mycélium septé et ramifié d'*Ambrosiella xylebori* dans les cellules de la moelle.

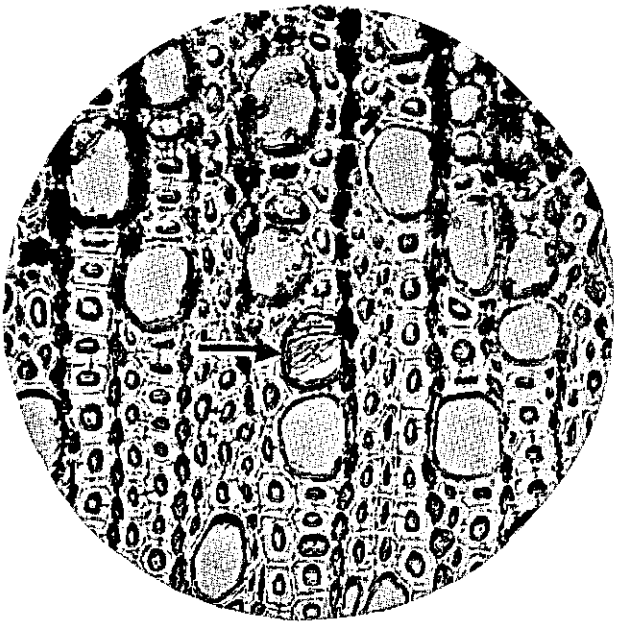


PLANCHE 12. Coupe transversale d'un rameau de *Coffea* attaqué par *X. compactus* Eichh.. Mycélium d'*Ambrosiella xylebori* dans les vaisseaux du xylème. (→)

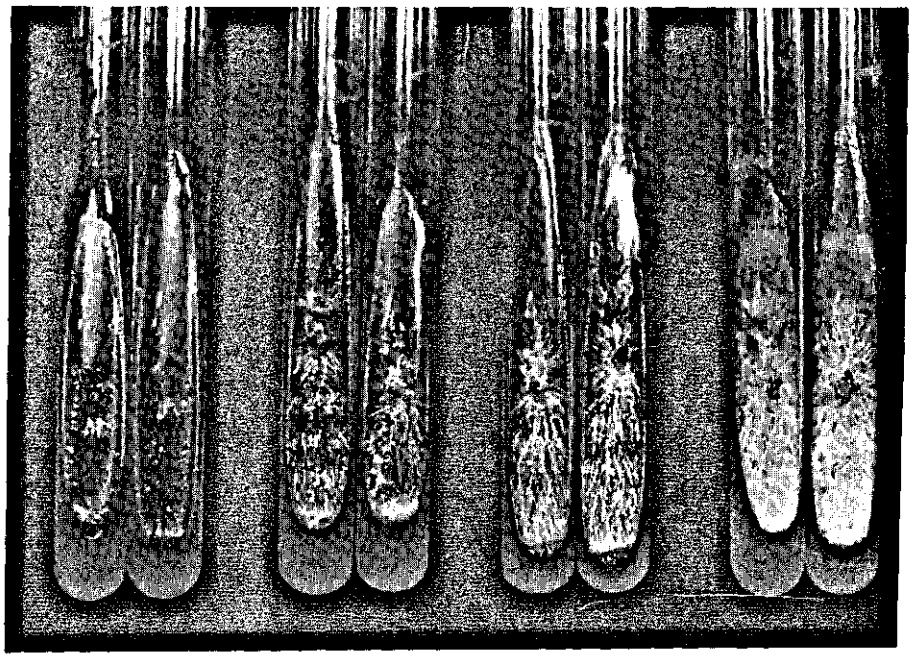


PLANCHE 13. Croissance d'*Ambrosiella xylebori*, 9 jours après inoculation sur bouillon de pommes de terre gelosé à différentes teneurs en glucose. De gauche à droite resp. 0, 5, 10 et 50 gr de glucose pour 100 gr de pommes de terre.