

303 C 81

ÉTUDE ANALYTIQUE DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE
DU SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ,
STEPHANODERES HAMPEI FERR.,
EN CÔTE D'IVOIRE

J. H. G. TICHELER

NN08201.312

ÉTUDE ANALYTIQUE DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE
DU SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ,
STEPHANODERES HAMPEI FERR.,
EN CÔTE D'IVOIRE

(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. EUSVOOGEL,
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 WOENSDAG 25 OKTOBER 1961 TE 16 UUR

DOOR

J. H. G. TICHELER



H. VEENMAN & ZONEN N.V. - WAGENINGEN - 1961

STELLINGEN

I

Stephanoderes hampei FERR. kan in de Ivoorkust met cultuurmaatregelen in toom worden gehouden. Chemische bestrijding van dit insect is er ongewenst.

Dit proefschrift.

II

De veronderstelling van MENDES (1949) dat *Stephanoderes hampei* FERR. achtereenvolgens vier koffiebossen kan infecteren is onjuist, evenals zijn uitwerking van deze veronderstelling.

MENDES, L.O.T., - 1949. An. Acad. Bras. Ciencias 21: 275-290.

III

Onvoldoende onderzoek van het mikroklimaat in het natuurlijke milieu van *Prorops nasuta* WATERST. heeft tot gevolg gehad dat de invoer van deze sluipwesp in Java is mislukt.

HARGREAVES, H., - 1936. Rept. Dept. Agric. Uganda 1935-1936, Entebbe: 8-11.

IV

Bij het beschrijven van de reductie van vliegspieren van insecten dient men onderscheid te maken tussen degeneratie en onvolkomen ontwikkeling.

LARSEN, O., - 1950. Opuscula Entomologica 15: 17-51.

V

In een gestabiliseerde niet-bevloede akkerbouw in de tropische regenwoudgebieden biedt mulchen met gras meer perspectieven voor de instandhouding van de bodemvruchtbaarheid dan de verbouw van groenbemesters.

BONNIER, C., - 1957. Publ. INÉAC sér. sci. no. 72.

JACKS, G. V., e.a., - 1955. Techn. Comm. no. 49 Commonw. Bur. Soil Sci.

VI

Het verstrekken van conjuncturele leningen door de E.E.G.-landen aan de geassocieerde gebieden ten einde de financiering van de plaatselijke stabilisatiefondsen voor agrarische produkten te vergemakkelijken, biedt geen werkelijke oplossing van het welvaartsvraagstuk van deze gebieden, indien een structurele onevenwichtigheid van vraag en aanbod heerst of dreigt te ontstaan. Doelmatige organisatie en bevordering van de afzet is hiertoe veel meer bevorderlijk.

EUROPESE COMMISSIE: Beschouwingen over de toekomstige associatieregeling.

VII

Bij de populatie-ontwikkeling van de gele roest van tarwe wordt tegen het einde van het groeiseizoen veelvuldig een afwijking van de formule van Van der Plank geconstateerd; deze afwijking is toe te schrijven aan een systematische fout in de waarnemingsmethode van de roestaantasting.

ZADOKS, J. C., - 1961. T. Pl.-Ziekten 67: 69-256.

VIII

Het onderwijs in de Ivoorkust bevordert in zijn huidige vorm de depreciatie van de handenarbeid van de man; dit heeft tot gevolg een trek van de begaafden uit de landbouw, die het noodzakelijk maakt maatregelen te beramen althans een deel van hen voor deze bedrijfstak te behouden.

IX

Gezien het grote belang van histologische technieken voor het entomologisch onderzoek, is het gewenst de studenten in de entomologie kennis te doen nemen van deze technieken.

VOORWOORD

Bij het beëindigen van dit proefschrift wil ik op de eerste plaats U, Hooggeleerde DE WILDE, Hooggeachte Promotor, danken voor de bijzondere wijze waarop U Uw taak als promotor hebt opgevat. Uw suggesties, kritiek en aanmoediging en ook Uw bezoek in de Ivoorkust hebben zeer veel aan de totstandkoming van dit proefschrift bijgedragen. Uw enthousiasme voor de entomologie weet U over te dragen aan Uw leerlingen en ik reken het me tot een voorrecht mijn opleiding in Uw laboratorium, een ware werkplaats, te hebben ontvangen.

De Hoogleraren aan de Landbouwhogeschool ben ik dankbaar voor de zo veelzijdige inleiding in de technische en menselijke aspecten van de landbouw.

U, Hooggeleerde COOLHAAS, ben ik zeer erkentelijk voor Uw aansporing te gaan werken in het Centre Néerlandais te Adiopodoumé (Ivoorkust), totstandgekomen op Uw initiatief. Ik hoop dat het voltooiën van dit proefschrift voor U een voldoening mag zijn.

Ik gevoel me zeer verplicht aan het Bestuur van de Landbouwhogeschool, dat mijn uitzending naar het Centre Néerlandais heeft mogelijk gemaakt.

Il m'est un plaisir d'exprimer à M. le professeur G. MANGENOT, ainsi qu'à M. le professeur P. CACHAN, ma reconnaissance pour leur accueil et les grandes facilités qu'ils m'ont accordées en mettant à ma disposition le laboratoire d'Entomologie Agricole de l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales, Adiopodoumé (Côte d'Ivoire). Je garde à mon séjour parmi eux les meilleurs souvenirs.

Je tiens à remercier également M. G. MERNY et M. P. TAVIN pour la correction du texte français et à M. H. MORAUD, qui a bien voulu mettre à ma disposition une parcelle de caféiers de sa plantation.

Mijn collegae aan het laboratorium voor Entomologie, in het bijzonder Ir. R. H. COBBEN en Drs. W. COMPANJEN dank ik voor hun hulp en advies bij het taxonomische respectievelijk histologische deel van het onderzoek.

Ir. L. R. VERDOOREN heeft mij waardevolle raad gegeven bij de statistische bewerking van de gegevens.

Nog vele anderen ben ik verplicht. Ik denk aan de vruchtbare gesprekken die ik met Dr. J. G. BETREM mocht hebben over het optreden van de koffiebossenboorder in Indonesië, aan het tekenwerk van de heren M. P. VAN DER SCHELDE en W. SCHEEPMAKER, aan de hulp van de heren G. EIMERS en H. SCHWARTZ bij het maken van de foto's.

Zij, die ik niet genoemd heb, mogen overtuigd zijn van mijn erkentelijkheid voor hun bijdrage.

ÉTUDE ANALYTIQUE DE L'ÉPIDÉMIOLOGIE DU SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ, *STEPHANODERES HAMPEI* FERR., EN CÔTE D'IVOIRE

(met een samenvatting in het Nederlands)

par/door

J. H. G. TICHELER

Laboratoire d'Entomologie, Université Agronomique, Wageningen,
Pays-Bas, Commun. 70

(Reçu/Ontvangen 24.7.'61)

SOMMAIRE

	pages
1. INTRODUCTION	2
1.1. Distribution géographique du caféier et production de café	2
1.2. Le café en Côte d'Ivoire	2
1.3. Le <i>Stephanoderes hampei</i> FERR., historique	5
1.4. Taxonomie et nomenclature	6
2. MÉTHODES	8
3. LA VARIATION SAISONNIÈRE DE L'ABONDANCE DE <i>Stephanoderes hampei</i> FERR.	9
4. ANALYSE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES	11
4.1. Facteurs d'ordre météorologique	12
4.1.1. La température	12
4.1.2. La pluie	16
4.1.3. L'humidité	17
4.1.4. L'ombrage	18
4.2. Nourriture	18
4.2.1. Quantité de cerises disponibles	19
4.2.2. Résistance et sensibilité des variétés de café à l'attaque du scolyte	23
4.2.3. Influence du degré de maturité des cerises sur l'attaque et la reproduction du scolyte	25
L'attraction des cerises en fonction de leur maturité	26
Sélection optique	26
Sélection olfactive	27
4.3. Autres êtres vivants	31
4.3.1. L'influence de l'homme	31
4.3.2. Les parasites de <i>Stephanoderes hampei</i> FERR.	33
<i>Prorops nasuta</i> WATERST.	34
<i>Heterospilus coffeicola</i> SCHMIEDEKNECHT	34
<i>Cephalonomia stephanoderis</i> BETREM	34
<i>Beauveria bassiana</i> (BALS.) VUIL.	39
4.3.3. Attaque multiple de la cerise et son influence sur l'intensité de la reproduc- tion	40

5. LE DÉTERMINISME DU NOMBRE D'ATTAQUES DE LA FEMELLE DE <i>Stephanoderes hampei</i> FERR.	40
5.1. La dégénérescence des muscles de vol et sa signification dans l'écologie de l'insecte	41
5.1.1. Littérature.	41
5.1.2. La dégénérescence des muscles de vol chez <i>Stephanoderes hampei</i> FERR.	43
RÉSUMÉ	44
REMERCIEMENTS	45
SAMENVATTING	45
BIBLIOGRAPHIE	46

1. INTRODUCTION

Malgré l'abondante littérature sur le *Stephanoderes hampei* FERR., rapportant le travail fait dans plusieurs parties du monde, il nous manque encore beaucoup de données sur sa biologie, son éthologie et son écologie, qui nous permettraient de mieux comprendre son infestation, et qui, en même temps, serviraient de base pour une lutte plus efficace et plus économique contre ses dégâts.

Le but de mon travail est d'étudier l'attaque du scolyte sur le terrain d'une façon quantitative et d'analyser les données ainsi obtenues en vue de connaître les facteurs écologiques, agissant sur la densité de la population de l'insecte, qui déterminent le degré d'infestation dans les champs.

Avant de traiter les résultats, je donnerai quelques généralités sur la distribution de la plante-hôte, le caféier, en particulier pour la Côte d'Ivoire, où le travail fut entrepris, et sur l'histoire et la taxonomie de l'insecte.

1.1. DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DU CAFÉIER ET PRODUCTION DE CAFÉ

Le café est cultivé dans une grande partie de la zone intertropicale, là où il dispose d'une quantité suffisante d'eau. Il joue, surtout dans l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud un rôle primordial dans la vie économique des pays où il est cultivé. Au Brésil, le plus grand producteur de café, la valeur du café exporté représentait en 1955 59,3 % de l'exportation totale, en Colombie, même, 83,5 % (COOLHAAS, DE FLUITER et KOENIG, 1960). Le tableau 1 donne en même temps la distribution géographique du caféier et la production. La production donnée est la moyenne des trois années 1957/58-1959/60 (ANONYMUS, 1960).

1.2. LE CAFÉ EN CÔTE D'IVOIRE

Nous venons de voir que la Côte d'Ivoire figure comme le plus grand producteur de café de l'Afrique, la production du Dahomey, comprise dans le chiffre donné dans le tableau 1, étant restreinte.

Le café y prend la tête comme produit d'exportation, suivi par le cacao et par le bois. On estime la surface plantée en café à quelques 500.000 ha (SERVICE DE L'AGRICULTURE, 1959).

La culture du café y est pourtant assez récente. Elle date du début du siècle. On plantait alors surtout du *liberica*. Petit à petit le *liberica* a été remplacé par le 'gros Indéné' (*Coffea abeokutae* CRAMER), originaire du pays. L'insecte le plus nuisible pour cette variété est la punaise *Antestia lineaticollis* STÅL (LAVA-

TABLEAU 1. Production mondiale de café et sa distribution.

Pays	Production moyenne en tonnes	Pays	Production moyenne en tonnes
AMÉRIQUE CENTRALE		AFRIQUE	
Costa Rica	52.020	Angola	88.500
Cuba	41.520	Cameroun	27.480
Rép. Dominicaine	34.020	Éthiopie	55.020
Salvador	87.900	ancien Afrique Équat.	
Guatémala	87.900	Française	6.720
Haiti	36.000	Côte d'Ivoire et Dahomey	139.080
Honduras	22.380	Kenya	24.180
Mexique	108.780	Rép. Malgache	52.500
Nicaragua	22.200	Guinée	11.280
autres pays ¹⁾	27.840	Rép. du Congo (ancien	
		C. belge)	91.200
Total Amérique Centr.	520.560	Tanganyika	23.880
		Togo	7.980
AMÉRIQUE DU SUD		Uganda	97.800
Brésil	2.000.000	autres pays ²⁾	19.140
Colombie	470.000		
Équateur	30.300	Total Afrique	644.760
Pérou	23.820		
Vénézuéla	49.500	ASIE ET OCÉANIE	
autres pays ³⁾	3.780	Inde	46.200
Total Amérique du Sud	2.577.400	Indonésie	76.020
		Yémen	5.400
		autres pays ⁴⁾	25.080
		Total Asie et Océanie	152.700
		Production mondiale	3.895.420 tonnes

¹⁾ Guadeloupe, Hawaii, Jamaïque, Martinique, Panama, Puerto Rico, Trinité et Tobago.

²⁾ Bolivie, Guayane britannique, Paraguay, Surinam.

³⁾ Cape Verde, Ghana, Libéria, Nigéria, Sao Tomé et Príncipe, Guinée espagnol.

⁴⁾ Malaisie, Nlle Calédonie, Nlles Hébrides, Bornéo britannique, Timor portugais, Vietnam.

BRE, 1960). Le 'petit Indénie' (*Coffea canephora* PIERRE), également du pays, fut abandonné à cause de la forte attaque par le *Stephanoderes hampei* (CORDIER, 1960). Plus au Nord de la zone caféière on a planté d'autres variétés de *C. canephora*, dites 'Kouilou', qui sont toutes assez sensibles au scolyte des graines.

Dès 1948, la trachéomycose, maladie cryptogamique, due au *Fusarium xylarioides* HEIM et SACCAS, a ravagé les caféières de la Côte d'Ivoire. Presque tous les caféiers des variétés 'Kouilou' et 'gros Indénie' y sont succombés. On les a remplacés par des *robusta* provenant du Congo Belge, résistants à cette maladie. Malheureusement ces *robusta* ne sont pas très adaptés aux sols généralement pauvres et à la culture extensive, comme la pratiquent la plupart des planteurs africains. De plus, cette variété est très sensible au scolyte des rameaux, *Xyleborus morstatti* HAGED., qui en fait des véritables plumeaux.

La région de la culture du caféier coïncide approximativement avec celle de la forêt tropicale, comme il est indiqué dans figure 1. On y voit également l'importance relative du café dans la totalité des cultures, non-compris le palmier à huile et le cola, qu'on trouve partout à l'état spontané dans les forêts secondaires.

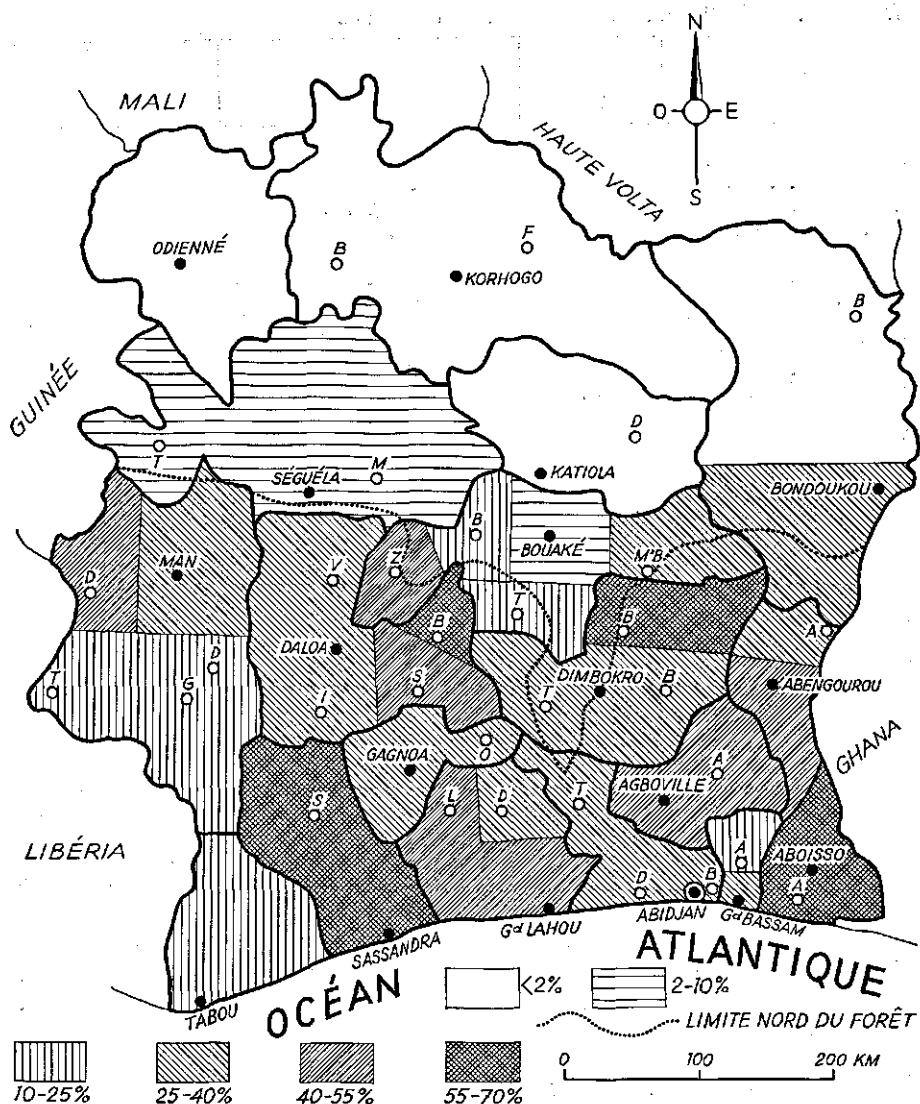


FIGURE 1. Distribution de la culture caféière en Côte d'Ivoire. La surface plantée en café en pourcentage de la surface totale cultivée par subdivision. Les frontières des subdivisions (noms abrégés) schématisées.

Le café est cultivé surtout dans des petites exploitations familiales. Les plantations européennes sont peu nombreuses et ne comprennent que 5% de la surface totale plantée en café. On le plante sur des défrichements forestiers, après des cultures vivrières, méthode peu favorable au démarrage des jeunes caféiers. Les soins donnés aux arbustes sont minimes, les plantations sont nettoyées avant la récolte et on ne pratique ni taille, ni application d'engrais ou de fumier. Pour la plupart, les plantations ne sont pas ombragées.

1.3. LE *Stephanoderes hampei* FERR., HISTORIQUE

Stephanoderes hampei FERR. est un petit coléoptère de la famille des Scolytidae (longueur ♀ 1,478 mm – min. 1,19 mm, max. 1,69 mm; longueur ♂ 1,053 mm – min. 0,88 mm, max. 1,16 mm). L'insecte, appelé scolyte des graines de café (français), koffiebessenboorder (-boeboek) (néerlandais), coffee berry borer (anglais), broca do café (portugais), vit uniquement dans les cerises du café, creusant des galeries dans les graines mûrissantes. La femelle y pond ses oeufs d'où sortent les larves qui se nourrissent à leur tour de la graine. La nymphose a lieu dans la même cerise, ainsi que la maturation des adultes et l'accouplement. Les mâles ne quittent pas la cerise où ils sont nés. Les dégâts consistent donc en une perte directe de produit, soit par une destruction totale ou perforation grave des graines, soit par une pourriture des graines, qui suit l'attaque des cerises vertes, contenant des graines encore laiteuses.

Le *Stephanoderes* fut trouvé pour la première fois en France dans des graines de café importées. FERRARI en a fait la description en 1867 (DE OLIVEIRA FILHO, 1927). FLEUTIAUX (1901) le signala dans des cerises provenant du Congo. CHEVALIER (1947) le trouva un peu partout dans l'Afrique Centrale et Occidentale entre 1902 et 1904.

C'est seulement vers 1908 qu'on découvrit l'insecte comme parasite important, notamment en Uganda (WILKINSON, 1928). VAN DER WEELE (1910) le trouva en 1909 en Java occidental et le décrit comme *Xyleborus coffeivorus*. Le dernier auteur a le mérite d'avoir reconnu le mâle qui est beaucoup plus petit que la femelle. En même temps il attira l'attention sur un champignon-parasite, causant la mort de l'insecte, qu'on détermina comme *Aspergillus* sp.. Il y a probablement eu une erreur due à une infection extérieure dans l'isolement, car les symptômes furent les mêmes que ceux trouvés pour le *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL., isolé plus tard.

Dans la même année HAGEDORN (1910) faisait la description d'insectes venant d'Uganda et d'Angola. MORSTATT (1914) constata sa présence au Tanganyika; VUILLET (1914) pour le Gabon; CORPORAAL (1921) en 1918 à Sumatra; COSTA LIMA (1922) au Brésil, où l'insecte était introduit déjà vers 1913; BEILLE (1925) le trouva en 1922 en Côte d'Ivoire; WILKINSON (1928) au Kenya. Le plus récent est l'introduction à la Nouvelle Calédonie en 1948 (COHIC, 1958).

Le *Stephanoderes* doit être originaire de l'Afrique, comme le café d'ailleurs. Presque tous les auteurs estiment l'Uganda comme pays d'origine, ce qu'ils basent surtout sur la découverte originale de l'insecte dans ce pays et sur le fait qu'on y a trouvé des Hyménoptères parasites. Pour ma part je pense que cette localisation est peu justifiée: le *Stephanoderes* fut trouvé à peu près en même temps dans différents pays d'Afrique, et quant aux parasites, il existe en Côte d'Ivoire un parasite, inconnu jusqu'à présent.

De l'Afrique l'insecte a été introduit à Java et au Brésil. C'est dans ces pays que le scolyte a connu son plus grand développement. C'est là aussi que l'étude de l'insecte fut la plus intensive. En Afrique l'insecte cause de temps à autre des dégâts considérables, mais il n'atteint jamais le stade épidémique, qu'ont connu les pays cités.

En dehors de l'Afrique l'insecte est encore présent en Colombie (VAYSSIÈRE, 1955), au Surinam (VAN DINTHER, 1960), à Ceylan (ENTOMOL. DIV., 1936), Malaisie (CORBETT, 1933) et au Vietnam (comme me l'a affirmé M. NANTA, qui fut, avant la guerre, entomologiste dans ce dernier pays).

Pour éviter la confusion dans la nomenclature d'un insecte ayant une grande importance économique, il me semble prudent de me référer à la majorité des auteurs. Je parlerai donc par la suite de *Stephanoderes hampei* FERR., sans exclusion, dans un proche avenir, un changement de nom.

2. MÉTHODES

Pour qui étudie l'écologie de *Stephanoderes hampei*, la première difficulté rencontrée est due à l'influence de l'homme sur l'insecte.

Dans le cas présent, où l'insecte vit au dépens du produit à récolter, il ne peut guère être question d'une situation naturelle, dans laquelle l'homme n'interviendrait pas. Cela serait nier toute réalité agricole.

D'autre part la récolte, comme on la pratique aux alentours, est une intervention trop arbitraire vis-à-vis de l'insecte. Elle est dominée par des motifs économiques: récolter le plus vite possible le maximum de cerises. Avec une telle récolte il y a des cerises vertes, qui sont cueillies, des cerises mûres, qui restent sur l'arbuste et des cerises, qui tombent à terre. Une raison d'ordre pratique pour rejeter cette méthode est, qu'elle est difficilement imitable.

Une autre possibilité est de récolter soigneusement les cerises au fur et à mesure qu'elles mûrissent. Cette méthode a l'avantage d'être régulière et systématique, bien qu'elle ne soit pas toujours économique. Toutefois on prive en même temps l'insecte de sa nourriture, ce qui fait qu'on diminue considérablement la population du scolyte.

Je me suis décidé finalement à une méthode, qui est un compromis entre les extrêmes, et qui est exposé ci-après.

Dans une plantation de café, située à LA MÉ, une vingtaine de kilomètres au Nord-Est d'ABIDJAN, j'ai pu disposer d'une parcelle de 32 pieds de café de la variété 'Ebobo' (appartenant selon PORTÈRES, 1959, au groupe des *robusta*), plantée en 1952. La moitié des pieds furent destinés à être récoltés régulièrement. L'autre moitié, alternant avec les premiers, ne fut point récoltée et servit comme source d'infection. Ainsi chaque pied récolté était entouré de quatre pieds non-récoltés.

Tous les quinze jours les cerises rouges furent cueillies pied par pied, et comptées. Je comptais également le nombre de cerises attaquées par le scolyte, reconnaissables au trou d'entrée. Ensuite je déterminais dans un échantillon de trente cerises attaquées le nombre d'individus des différents stades du scolyte ainsi que celui de ses parasites. Enfin je mettais une centaine de cerises attaquées dans une caisse de capture, comme la figure 2 afin de pouvoir suivre la sortie des adultes du scolyte et de ses parasites.

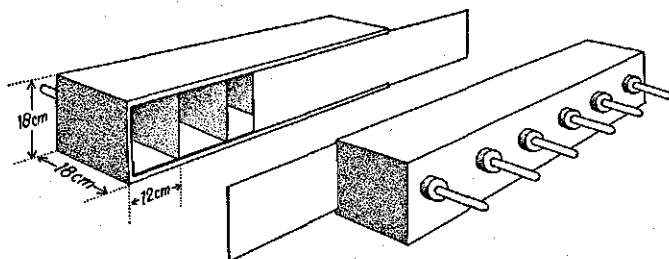


FIGURE 2.
Caisse de capture.

3. LA VARIATION SAISONNIÈRE DE L'ABONDANCE DE *STEPHANODERES*

La figure 3 donne les données obtenues avec les récoltes régulières sur la parcelle expérimentale. On y trouve le nombre total de cerises mûres et le nombre de cerises attaquées par le scolyte. Les chiffres se rapportent au total des seize pieds. Dans la même figure sont donnés les relèvements de la pluviométrie, de la température maximum et minimum et de l'humidité relative. Ces chiffres proviennent de la station expérimentale de l'I.R.H.O. à LA MÉ, située à quelques kilomètres de la parcelle expérimentale.

La comparaison des récoltes de 1958 et de 1959 montre la grande divergence entre celles-ci. La différence est due à la pluviométrie et elle est aggravée par la faible capacité de rétention d'eau du sable tertiaire, sur lequel la plantation est installée. Au début de l'année 1958 il y a eu assez de pluie pour des bonnes floraisons et nouaisons. Puis la grande saison des pluies a cessé très tôt, fin Juin, et la petite saison sèche s'est avérée très longue, ce qui a nui, d'une part, à la qualité de la récolte – beaucoup de graines creuses –, et ce qui a compromis, d'autre part, fortement la récolte de 1959 par la très faible formation de bois fructifère. De là la petite récolte de 1959, ce qui se traduit dans la graphique par un agrandissement d'échelle, qui a du être multipliée par 10. En 1959 la répartition des pluies était à peu près normale.

Déjà on remarquera dans la figure que l'attaque du scolyte était relativement plus importante en 1959 qu'en 1958.

La figure 4 résume les données concernant la densité de *Stephanoderes* et de ses parasites. Dans la partie supérieure de la figure est représenté le nombre des différents stades du scolyte, ainsi que celui des insectes morts, présents dans les cerises attaquées cueillies, calculé sur 100 cerises attaquées. Pour obtenir ces chiffres il a fallu découper chaque fois par petites tranches les graines d'une trentaine de cerises attaquées. On trouve alors les insectes dans les petites galeries irrégulières.

A côté de la colonne des scolytes, les colonnes étroites représentent le nombre d'adultes de *Cephalonomia stephanoderis* BETREM, un parasite-Bethylide, et le nombre de cerises contenant des *Stephanoderes* morts de *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL. respectivement.

Dans la partie basse de la même figure on trouve les chiffres obtenus avec les caisses de captures. Les cerises étaient laissées dans ces caisses aussi longtemps qu'il y avait des femelles qui en sortaient et volaient dans le tube de verre. Puis le contenu de la caisse fut examiné. On n'y trouvait que des insectes morts. Une partie avait quitté les cerises et une autre partie y était restée. Ces cerises ne contenaient plus aucune nourriture; ce qui restait de la graine était à l'état de poussière noirâtre. La cause de la mort des insectes était sans doute un manque de nourriture.

Le nombre élevé de ces insectes morts est assez remarquable. En moyenne 26,5 % seulement du total des insectes présents entre dans le tube, la pourcentage variant de 1 à 52 %. Ce phénomène a des causes diverses qui doivent être trouvées, d'une part, dans la construction de la caisse de capture, qui ne semble pas tout à fait satisfaisante pour attraper dans le tube tous les insectes, qui quittent la cerise et dans le fait que les cerises sont cueillies et donc partiellement

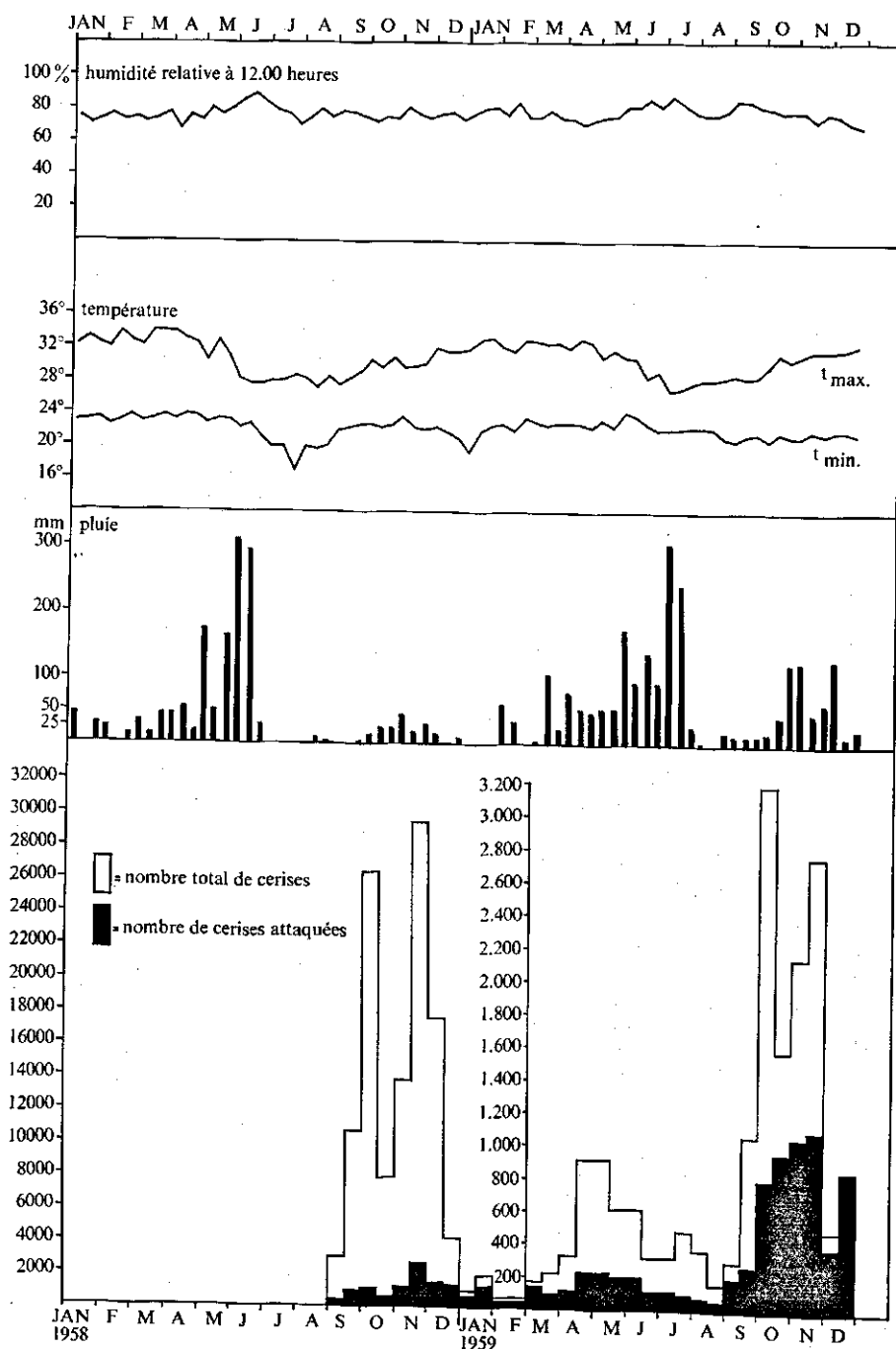


FIGURE 3. Résultats des récoltes sur la parcelle expérimentale. En haut des données météorologiques.

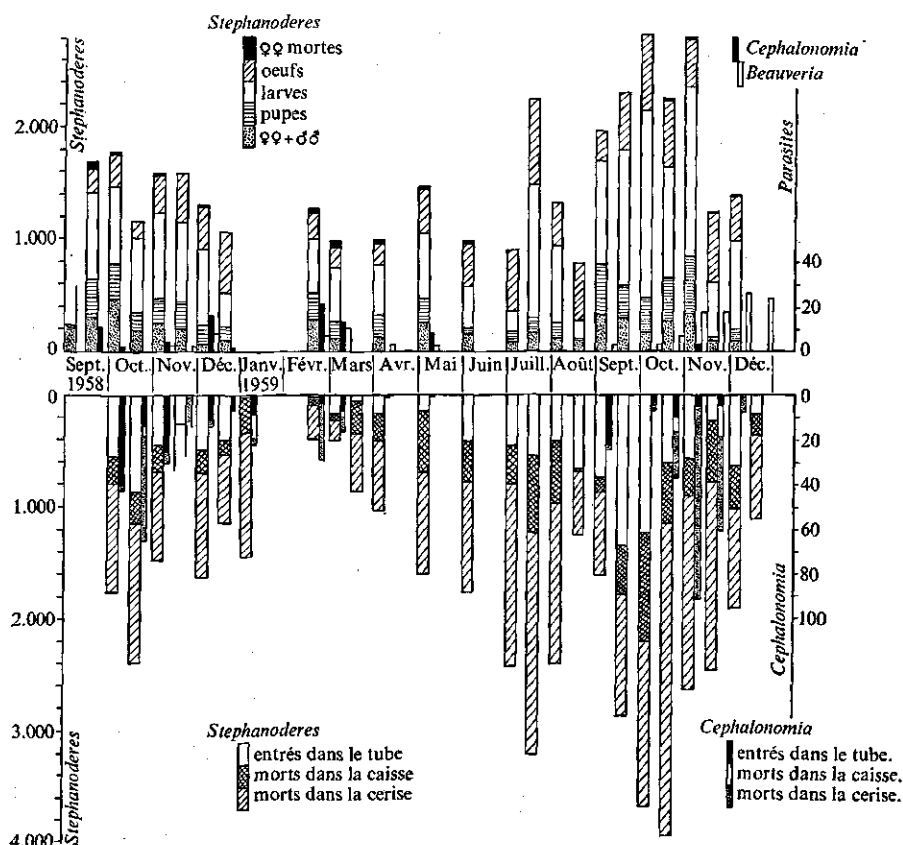


FIGURE 4. La population de *Stephanoderes hampei* FERR. et de ses parasites aux différentes dates de récolte de la parcelle expérimentale.

En haut: Nombre des différents stades de *Stephanoderes* et le nombre de ses parasites dans 100 cerises attaquées, examinées à la date de récolte.

En bas: Caisses de capture. Nombre de ♀♀ de *Stephanoderes* et de *Cephalonomia*, attrapés dans le tube ou restés dans la caisse, sur 100 cerises attaquées.

ment desséchées, ce qui doit avoir une influence sur le comportement des insectes, d'autre part.

Ceci rend les données sur les captures difficilement utilisables pour l'analyse de l'attaque dans les champs. Ces données peuvent pourtant fournir des conclusions intéressantes quant à la durée du cycle évolutif, ce qui sera traité dans le chapitre suivant.

4. ANALYSE DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES

Je traiterai de l'influence des facteurs écologiques en suivant le classement de ANDREWARTHA et BIRCH (1954). Ces auteurs distinguent dans le milieu quatre groupes de facteurs, à savoir

1. les facteurs d'ordre météorologique,
2. la nourriture,

3. les autres êtres vivants, parmi lesquels les individus de la même espèce et les parasites animaux et cryptogamiques. Dans ce groupe j'inclurai l'influence de l'homme-récolteur,
4. le lieu où vit l'insecte; ce groupe est, dans le cas de *Stephanoderes*, identique au deuxième groupe.

4.1. FACTEURS D'ORDRE MÉTÉOROLOGIQUE

4.1.1. La température

On sait que la température a une influence importante sur la durée du cycle évolutif des animaux poikilothermes. Cette influence est déterminée au moyen d'élevages à différentes températures.

La méthode d'élevage de *Stephanoderes* est assez simple. Une femelle, qui vient de sortir, est introduite dans un tube de verre contenant une cerise rouge fraîche. Le tube est ensuite bouché avec du coton. L'atmosphère à Adiopodoumé est suffisamment humide pour empêcher un dessèchement précoce de la cerise et on n'avait pas besoin d'humidifier l'air dans le tube, comme c'était nécessaire dans les essais faits à Java par exemple.

On suit le développement de l'insecte en ouvrant tous les deux jours dix cerises et on y compte les stades présents.

Une équation, souvent utilisée pour représenter le rapport entre la durée du cycle évolutif et la température est l'hyperbole $y(t - a) = K$, équation dans laquelle y est le temps nécessaire au développement complet à une température t , K une constante et a la température minimum, à laquelle il peut y avoir un développement. Si on remplace dans cette équation la durée du cycle évolutif par son inverse, la vitesse de développement, l'hyperbole devient une ligne droite: $v = k(t - a)$ (v = vitesse de développement et $k = 1/K$). Cette équation n'est valable que pour des températures normales pour l'insecte et non pour des valeurs de t proches des seuils de développement (SPING LIN et al., 1954). C'est de cette droite, que je me servirai par la suite.

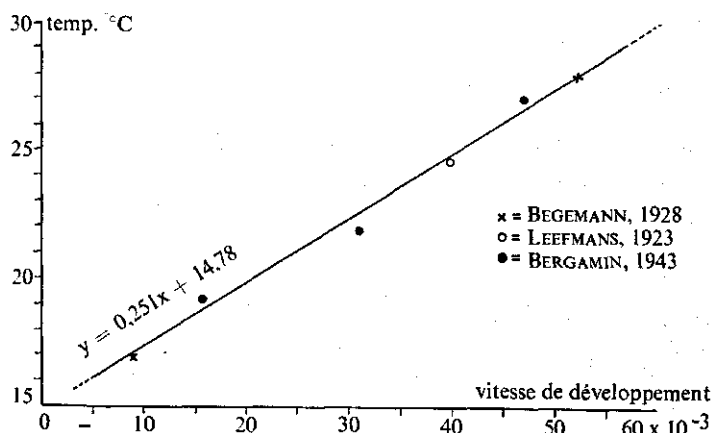


FIGURE 5. Relation entre la température et la vitesse de développement de *Stephanoderes*, de la ponte de l'oeuf jusqu'à l'éclosion du jeune adulte.

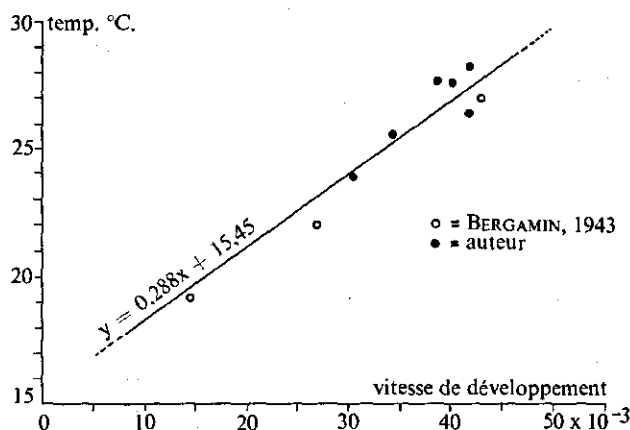


FIGURE 6. Relation entre la température et la vitesse de développement de *Stephanoderes*, de l'infection de la cerise jusqu'à l'éclosion du jeune adulte.

Les données obtenues avec ces méthodes s'accordent d'une façon heureuse avec celles obtenues à Java et au Brésil. Elles sont représentées ensembles dans les figures 5, 6 et 7. La figure 5 se rapporte à des essais, dans lesquels on déterminait le temps entre la ponte de l'oeuf et l'éclosion de l'adulte; dans la figure 6 c'est le temps entre l'infection de la cerise et l'éclosion de l'adulte et dans la figure 7 le temps entre l'infection et la sortie des premières femelles.

La dernière figure est la plus importante vis-à-vis de l'infection dans les champs, parce qu'elle représente, à une température donnée, le temps le plus court, qui passe entre une génération et une autre. BERGAMIN (1943) a déterminé ainsi le nombre de générations par an pour l'État de Sao Paulo au Brésil. Il arrive à 7 générations par an au maximum, comme on le voit dans tableau 2.

TABEAU 2. Développement des générations de *Stephanoderes* au BRÉSIL.

Génération	1ère	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e
Début	4-4-'41	23-5	25-8	5-11	22-12	24-1-'42	24-2	27-3
Durée en jours	49	94	72	47	33	31	31	
Temp. moyenne	23,5°	20,0	21,7	23,4	24,1	25,3	25,1	

Dans les champs il y a quatre générations du début de l'attaque des jeunes fruits (Décembre-Janvier) jusqu'à la récolte (Mai). Pendant les autres mois il y en a trois seulement.

Ceci explique partiellement l'attaque très grave qu'on peut avoir au Brésil où l'absence de fruits mûrissants pendant six mois environ semble s'opposer à une grande développement du scolyte. L'évolution très lente pendant cette période fait que le *Stephanoderes* se développe au fur et à mesure dans les cerises restées aux arbustes et tombées à terre, sans qu'il y ait un manque de nourriture. Ceci arriverait sans aucun doute si 4 ou 5 générations devaient se développer dans ces cerises au lieu de 3 seulement. Ce fait combiné avec une récolte pas trop soignée provoque le développement d'un grand nombre d'insectes, qui s'attaquent aux cerises de la prochaine récolte à un moment où le développement du scolyte est accéléré.

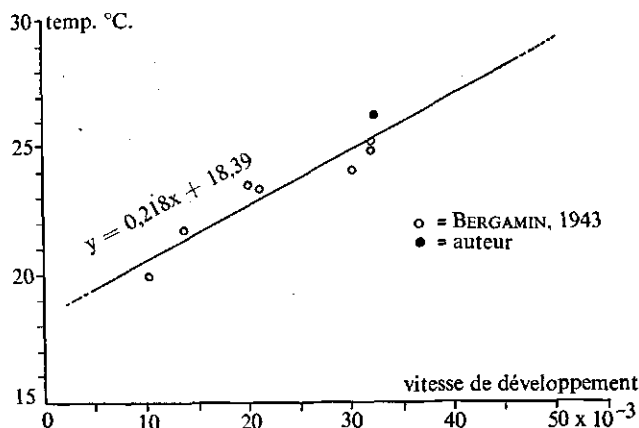


FIGURE 7. Relation entre la température et la vitesse de développement de *Stephanoderes*, de l'infection de la cerise jusqu'à la sortie de la première jeune femelle.

En se basant sur des données de BERGAMIN (1943), partiellement erronées d'ailleurs, MENDES (1949) a développé une formule, qui expliquerait l'attaque du scolyte au Brésil en fonction de la température pendant l'année et la population initiale de *Stephanoderes*. Le seul fait que MENDES essaie d'expliquer ainsi l'attaque prouve, qu'en effet la température joue un rôle très important dans l'écologie du scolyte dans ce pays.

Au moyen de la figure 7 et des températures moyennes (celles de 1959) d'Adiopodoumé on peut calculer le nombre maximum de générations qu'il peut y avoir en basse Côte d'Ivoire. On arrive à 13 générations, comme le montre le tableau 3.

TABEAU 3. Développement des générations de *Stephanoderes* en basse CÔTE D'IVOIRE.

Générations	1ère	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e
Début	1-1'59	29-1	22-2	16-3	9-4	3-5	29-5	26-6	31-7	8-9	10-10	7-11	4-12
Durée en jours	28	24	23	23	24	26	28	34	39	32	28	27	28
Temp. moy.	26,1°	27,2	27,7	27,7	27,5	26,7	25,8	24,7	23,9	25,1	26,2	26,4	26,2

On remarque une variation beaucoup plus petite de la durée des générations, due au climat plus constant que celui de Sao Paulo. La récolte a lieu entre Septembre et Décembre. Elle est suivie par la saison chaude de Janvier jusqu'au début de Mai, où les générations se succèdent rapidement, ce qui est le contraire de ce que l'on voit au Brésil. Les insectes épuisent donc plus vite la nourriture, qui leur est restée de la récolte précédente, ce qui réduit considérablement leur nombre, tandis-que l'évolution lente pendant la petite saison sèche, fin Juillet-début Septembre environ, freine la multiplication juste avant le début de la grande récolte. L'attaque généralement faible en Côte d'Ivoire s'explique partiellement par le jeu particulier des températures et les époques de récolte.

Pour intéressantes qu'elles soient, ces données ne forment pourtant qu'une simplification de ce qui se passe en réalité. Elles ne tiennent pas compte de la

durée de la période de la ponte. En effet la ponte s'échelonne sur une période au moins égale à la durée du cycle évolutif. Je fais ici abstraction du fait que la femelle pourrait pondre des oeufs après le moment où les jeunes *Stephanoderes* sont devenus adultes. Dès ce moment j'inclus la femelle-fondatrice dans la génération suivante, d'une part parce qu'elle ne peut plus être distinguée des jeunes femelles et d'autre part parce qu'au point de vue statistique sa présence ne joue plus aucun rôle parmi la trentaine de femelles de sa descendance.

Le tableau 10 d'un article de BERGAMIN (1943) me donne l'occasion de calculer le „jour moyen de la ponte” pour une température de 27°C. Ce chiffre signifie le nombre de jours entre la ponte du premier oeuf et la ponte de „l'oeuf moyen”. Il se calcule avec la formule suivante:

$$\text{jour moyen} = \frac{\sum ab}{\sum b}$$

Dans cette formule est tenu compte de a = le nombre de jours depuis le début de la ponte et b = l'augmentation de la descendance (= nombre d'oeufs pondus) depuis la date précédente.

Le tableau de BERGAMIN est résumé au tableau 4.

TABLEAU 4. Cycle de la ponte des oeufs de *Stephanoderes hampei*.

Température = 27°C

Nombre de jours depuis le début de la ponte	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25
Nombre de la descendance	1,5	6,0	13,4	18,0	22,2	33,0	32,0	35,0	38,7	42,7	45,4	43,5	45,7
Augmentation de la descendance	1,5	4,5	7,4	4,6	4,2	11,2	-1,0	3,0	3,7	4,0	2,7	-1,9	2,2

Les chiffres négatifs sont dus à la variabilité de la ponte des différentes femelles.

„Le jour moyen” pour 27°C. est 10,5 jours.

Ce nombre de jours doit être inclu dans la durée minimum d'une génération. Pour la température moyenne de l'année 1959, qui était 26,0°, on obtient ainsi une durée de développement d'une génération de 28,4 jours (figure 7) augmentée de 10,5 jours, soit 39 jours environ.

Les chiffres obtenus dans les caisses de capture peuvent fournir une approximation de la même durée moyenne de développement. Dans ces caisses sont mises dès le début d'Octobre 1958 jusqu'à la fin de Décembre 1959 des cerises contenant les différents stades du scolyte, de la femelle, qui vient d'infester une cerise jusqu'à la jeune femelle, qui est prête à sortir. Les différents stades y sont présents dans des proportions correspondant à leur nombre et à la durée de leur développement. Sur le grand nombre on peut estimer que l'insecte qui est mis dans la caisse a passé la moitié du temps entre l'infection et la sortie de la cerise. L'insecte sortira donc la moitié de ce temps plus tard.

Si on trace en graphique la sortie des femelles dans le temps, on obtient une courbe dont le maximum correspond au nombre de jours nécessaires à l'insecte pour accomplir la moitié de son développement. La figure 8 donne la

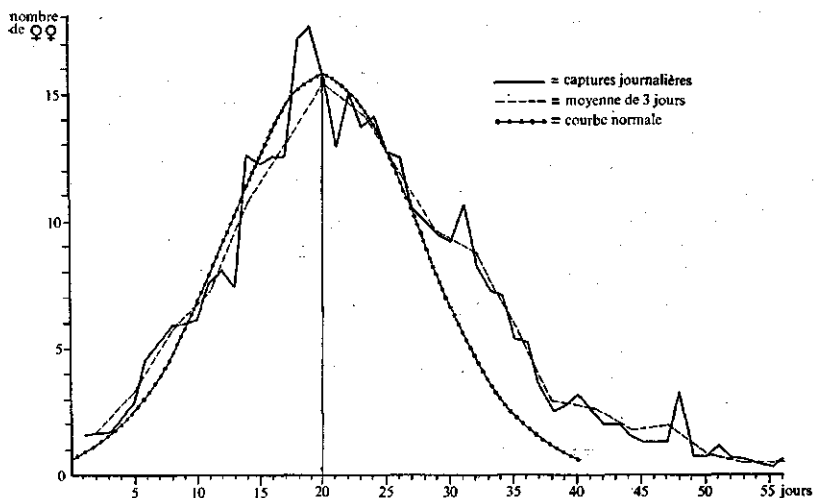


FIGURE 8. La sortie de la caisse de capture des femelles de *Stephanoderes* en fonction du nombre de jours après la mise en caisse des cerises.

courbe du nombre de femelles sorties pendant les jours, qui suivent la mise en caisse, calculé sur 100 cerises. Le graphique se rapporte à un total de 5435 cerises et à la sortie de 19.000 femelles.

On voit que le graphique se rapproche d'une courbe de distribution normale, à cela près, qu'il y a un accroissement relatif des captures après le trentième jour. Il est causé par des jeunes femelles, qui ne sont pas entrées dans les tubes, mais qui ont commencé à pondre. Ceci est la raison pour laquelle les captures faites après ce jour ont été exclues dans le calcul de la courbe normale.

La courbe normale, qui se rapproche le mieux du graphique des données réelles est celle, qui a pour médiane 20,27 jours et pour écart type 7,92 jours. Ceci correspond donc à une durée moyenne du cycle évolutif, de l'infestation par la femelle fondatrice jusqu'à la sortie des jeunes femelles, de 40,5 jours. Ce chiffre est valable pour la température moyenne de la période correspondante, d' Octobre 1958 jusqu'à fin Décembre 1959, qui était 26,0°C.

On voit que le résultat de 40,5 jours correspond bien au chiffre de 39 jours, calculé plus-haut, les températures moyennes étant égales.

Il s'ensuit qu'il y a en moyenne 9 générations de *Stephanoderes* par an, avec un maximum de 13 et un minimum de 5 à 6 générations.

4.1.2. La pluie

Si étonnant que cela paraisse pour un insecte, si bien abrité contre les intempéries dans sa galerie, le régime des pluies joue un rôle important dans l'écologie du *Stephanoderes*. Cette influence n'est pas directe, mais indirecte, par l'intermédiaire de la plante-hôte, les floraisons et les nouaisons étant intimement liées à la répartition des pluies.

Les caféiers *robusta* et *arabica*¹⁾ fleurissent essentiellement sur le jeune bois, formé pendant la saison des pluies. Dans les axes des feuilles se trouvent les

¹⁾ Ces variétés nous intéressent plus spécialement. Ce qui est dit pour elles ne s'applique pas tel quel aux caféiers *liberica* et ses alliés. Etant donnée leur résistance relative au scolyte des graines, il est superflu d'approfondir ici la question.

bourgeons sérieux, qui se différencient à la fin de cette période en bourgeons floraux. Ces pousses atteignent alors une longueur de 10 à 12 mm et entrent ensuite dans un stade de repos, qui peut durer plusieurs mois. En général ce repos est rompu par une averse d'au moins 10 mm d'eau. Les bourgeons recommencent à se développer et les fleurs s'épanouissent une semaine plus tard environ, au petit jour (DE HAAN, 1923). La pluie peut intervenir également à ce moment, étant donné que le vent est l'agent principal dans le transport du pollen. Il est évident que la pluie ou le brouillard empêchent une bonne dispersion du pollen. Une grande sécheresse, pendant le temps qui suit la floraison, est nocive à la nouaison.

L'influence extérieure – la pluie – interfère avec les propriétés des variétés ou même des individus de la même variété de café. L'une a des floraisons beaucoup plus répétées que l'autre.

En somme c'est la pluie, qui détermine le nombre de cerises disponibles au scolyte pendant l'année. Dans les climats à saison sèche prononcée les cerises mûrissent simultanément et elles manquent après la récolte, tandis que dans les climats sans saison sèche, comme à Sumatra par exemple, il y a des floraisons pendant toute l'année (DEENEN, 1936) et, par conséquent, le scolyte y a toujours à sa disposition des cerises mûrissantes.

En basse Côte d'Ivoire, où la saison sèche est prononcée pendant trois mois environ, les floraisons importantes ont lieu à la suite des averses pendant les mois de Janvier, Février et Mars. Les cerises sont mûres de Septembre jusqu'en Décembre. Il peut y avoir également des floraisons en Septembre-Octobre, au début de la petite saison des pluies. Ces floraisons, très peu importantes dans la région côtière, plus importantes vers l'intérieur, donnent naissance à la récolte intermédiaire de Juillet.

L'influence particulière de la pluie pendant les années de mes observations a été discutée dans le chapitre 3.1.

L'influence directe de la pluie sur les insectes semble assez restreinte. Des observations avec les caisses de capture ont montré que les insectes ne volent pas pendant un temps pluvieux.

4.1.3. L'humidité

Dans la cerise vivante il règne une humidité, qui est conditionnée par le grade de maturité de la cerise et par l'état physiologique de la plante. Elle se soustrait aux moyens actuels d'observation, mais elle doit être équivalente à la saturation.

L'influence de l'humidité de l'air sur l'écologie du *Stephanoderes* se limite aux insectes dans les cerises noires, soit restées sur l'arbuste, soit tombées à terre. Une humidité excessive fait pourrir les cerises attaquées se trouvant sur le sol, tandis qu'une humidité basse provoque leur dessèchement, ce qui réduit d'abord le taux de multiplication du scolyte, puis l'arrêt de celui-ci et entraîne finalement la mort de l'insecte.

Il est évident que l'homme peut modifier considérablement, par des procédés culturels, l'humidité du microclimat, dans lequel se trouvent les cerises tombées à terre. En effet le „clean-weeding”, qui est encore la pratique courante au Brésil (COOLHAAS, 1951) et qui le fut pendant la période du grand développement du scolyte en Indonésie (LEEFMANS, 1924), empêche la pourriture de ces cerises, qui sont en même temps protégées contre le chaleur du soleil par la robe du caféier.

Une ces méthodes de lutte, préconisée dans ces pays, était de ramasser toute cerise tombée (le „lelessan”), méthode avec laquelle on réduit considérablement l'infestation de la récolte suivante (BERGAMIN, 1944). Cette méthode a été jugée inutile en Indonésie à condition de planter dans les plantations des plantes de couverture, de les couper régulièrement et de mettre la masse végétale comme mulch autour des pieds de café (BETREM, communication personnelle).

L'incidence du champignon-parasite *Beauveria bassiana* est dominée par l'humidité relative, voir le chapitre 4.3.2.

4.1.4. L'ombrage

Il est évident que l'action des arbres d'ombrage sur le microclimat est très complexe. Elle consiste en une interception partielle des radiations solaires d'une part, et en une réduction de la température et de l'ambiance de celle-ci et une augmentation de l'humidité d'autre part. Je n'ai pas essayé d'analyser ce complexe, et je parlerai, conscient d'avoir simplifié, de l'influence de l'ombrage sur l'écologie du *Stephanoderes*.

Dans une plantation de café mal tenue, où une partie était ombragée par des essences forestières, et où une autre partie était en plein soleil, je n'ai pu trouver le parasite du *Stephanoderes*, *Cephalonomia stephanoderis* BETREM, que dans la partie ensoleillée. Il était complètement absent dans la partie ombragée. Ceci est démontré dans le tableau 5.

TABLEAU 5. L'influence de l'ombrage sur l'incidence de *Cephalonomia stephanoderis*.

Date	Parcelle ombragée Nombre de cerises attaquées		Parcelle en plein soleil Nombre de cerises attaquées	
	avec <i>Ceph.</i>	sans <i>Ceph.</i>	avec <i>Ceph.</i>	sans <i>Ceph.</i>
25-4-1957	—	150	23	127
19-2-1958	—	55	9	57
22-3	—	39	5	40
25-4	—	38	10	20
30-5	—	20	2	40
Totaux	—	302	49	284

La même observation a été fait en Uganda par HARGREAVES (1936) pour les parasites *Prorops nasuta* WATERST. et *Heterospilus coffeicola* SCHMIEDEKNECHT.

Sur le champignon-parasite *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL. un ombrage dense a une influence favorable (HUITEMA, 1935).

PINTO DA FONSECA (1939) a fait l'observation qu'il y a au Brésil davantage d'attaque dans les plantations ombragées humides que dans les régions exposées sèches. La cause en est sûrement la suppression de *Prorops* d'une part et l'amélioration des chances de survie du scolyte dans des graines restées plus humides d'autre part.

4.2. NOURRITURE

Comme nous avons dit plus haut, la cerise de café fournit la nourriture à tous les stades du scolyte en même temps que le milieu de sa croissance et de sa reproduction, exception faite pour les quelques heures pendant lesquelles la jeune femelle vole à la recherche d'une nouvelle cerise attaquable. Ces deux

fonctions de la cerise vis-à-vis du scolyte sont intimement liées et c'est pourquoi elles sont traitées ensembles.

Afin d'être complet, je mentionne que des femelles ont été trouvées de temps en temps dans d'autres plantes, d'ailleurs sans qu'on les y ait vues se multiplier.

Ce sont: *Centrosema plumieri* – tiges et gousses

Tephrosia sp. et *Crotalaria* sp. – gousses (BEGEMAN, 1926)

Hibiscus sp. – graines

mûrier sauvage – fruits (SLADDEN, 1934)

Vitis lanceolaria WALL. – fruits

? *Ligustrum pubinerve* – fruits (LEEFMANS, 1923)

Phaseolus lunatus – graines (HARGREAVES, 1936)

Acacia decurrens – écorce de branches mortes (ANONYMUS, 1940)

Eriobothrya japonica LINDLEY – fruits (COHIC, 1958)

SLADDEN (1934) signale, que *Stephanoderes* a été trouvé avec couvain dans les fruits de *Dialium lacourtianum* (légumineuse). FRIEDERICH (1921) l'a vu forer des trous dans l'écorce des rameaux de café, près de la base des glomérules. Pendant mes essais de laboratoire je l'ai vu creuser des petites galeries dans du matériel de toute sorte: bois, bouchons de liège et de caoutchouc, paraffine et tiges de café.

La seule observation de *Stephanoderes* avec couvain sur *Dialium lacourtianum* demande une confirmation. Tous les autres cas d'attaque sont apparemment secondaires; la plupart de ces plantes sont trouvées en association avec le café. Je n'ai pas d'indications que cette activité joue un rôle dans l'écologie du scolyte.

4.2.1. Quantité de cerises disponibles

Des calculs préliminaires ont démontré qu'il y avait une corrélation, quoique trop faible pour qu'elle explique les oscillations de l'attaque, entre le pourcentage de cerises attaquées et le nombre total de cerises à une certaine date. Le modèle donné par FELLER (1957) et appliqué par JUSTESEN et TAMMES (1960) aide à approfondir notre compréhension du problème. Ces auteurs posent le problème de la façon suivante:

„*r* billes sont distribuées sur *n* boîtes, chaque bille ayant la même chance de tomber dans chacune des *n* boîtes. Quelle est la probabilité, $P_m(r, n)$, que *m* boîtes restent vides? Quelle est l'espérance mathématique du nombre de boîtes vides?

La solution est:

$$P_m(r, n) = \binom{n}{m} \sum_{v=0}^{n-m} (-1)^v \binom{n-m}{v} \left(1 - \frac{m+v}{n}\right)^r$$

L'espérance mathématique, λ , du nombre de boîtes vides est obtenue par multiplication de $P_m(r, n)$ par n^r . Dans le problème posé nous nous sommes intéressés au cas où *r* et *n* sont grands et où *r/n* est fini. Dans ce cas la distribution est approximativement celle de POISSON; le nombre espéré de boîtes vides est:

$$\lambda = ne^{-\frac{r}{n}}$$

λ est estimé par *m*, le nombre observé de boîtes vides.

Or, $m = n e^{-\frac{r}{n}}$ $\ln \frac{m}{n} = -\frac{r}{n}$.

Les conditions de ce modèle sont remplies: r , la population de l'insecte et n , le nombre total de cerises, sont grands et la densité de l'insecte r/n a une valeur finie. La condition selon laquelle chaque insecte a la même chance d'infecter chaque cerise est valable pour les densités données. On rencontre, à côté des cerises attaquées par une seule femelle, régulièrement, des cerises attaquées par deux ou trois femelles. La chance qu'il y en ait davantage est très petite et, par conséquent, négligeable.

Dans le calcul r est estimé par le nombre total de tous les stades du scolyte présents dans l'ensemble des cerises attaquées, récoltées à la date précédente. Evidemment ce nombre de scolytes n'est qu'une approximation du nombre réel. Le nombre réel est formé par les femelles adultes, qui proviennent des arbustes environnants-non récoltés. De plus les jeunes stades, oeufs et une partie des larves, ne se développent pas en femelles pendant les quinze jours entre leur comptage et la récolte suivante. C'est pourquoi il ne faut attribuer à ce nombre qu'une valeur relative.

Les valeurs de r , n , et m , ainsi que de la densité des insectes r/n et du logarithme naturel de la proportion de cerises saines, $\ln m/n$, sont données dans le tableau 6.

TABLEAU 6. La population de *Stephanoderes*, r , le nombre total de cerises, n , et le nombre de cerises saines, m , et leurs transformations à chacune des dates de récolte à la parcelle expérimentale.

r	n	m	$\ln \frac{m}{n}$	$\frac{r}{m}$
15.729	26.468	24.479	-0,078	0,59
42.613	7.930	7.284	-0,084	5,37
8.165	13.822	12.586	-0,093	0,59
20.048	29.482	26.757	-0,097	0,68
44.254	17.584	16.068	-0,090	2,52
20.375	4.212	2.800	-0,408	4,84
15.730	1.054	344	-1,121	14,92
1.808	224	125	-0,583	8,07
1.170	1.829	1.370	-0,289	0,64
6.802	1.230	838	-0,384	5,53
3.900	653	410	-0,465	5,97
2.255	474	368	-0,254	4,76
2.403	368	290	-0,238	6,53
1.043	166	100	-0,508	6,28
4.034	1.154	879	-0,272	3,50
6.399	3.184	2.381	-0,290	2,01
22.886	1.574	610	-0,947	14,54
21.979	2.154	1.104	-0,667	10,20
29.852	2.749	1.655	-0,508	10,86
13.784	495	96	-1,640	27,85

Le coefficient de corrélation entre r/n et $\ln m/n$ est très satisfaisant: -0,951.

L'équation de régression est $\ln \frac{m}{n} = -0,058 \frac{r}{n} - 0,056$.

On en voit la représentation dans la figure 9.

On remarquera que la droite coupe l'ordonnée très près de l'origine. La valeur de la constante, -0,056, est négligeable et l'origine tombe dans l'inter-

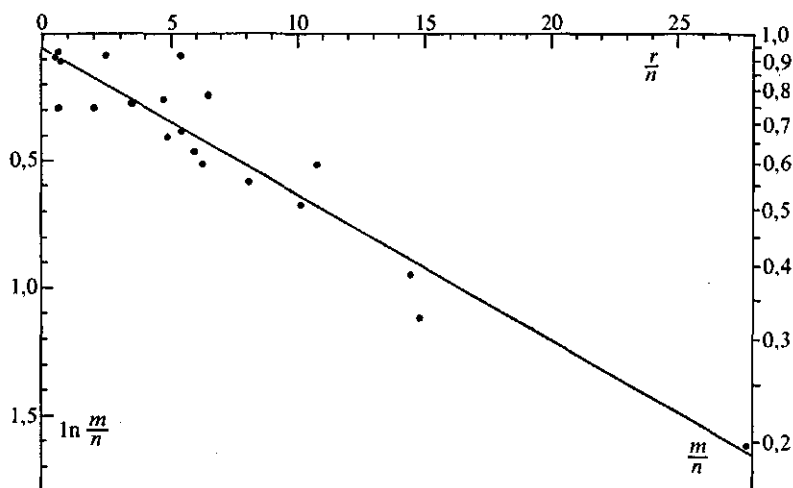


FIGURE 9. Relation entre la proportion de cerises non-attaquées, transformée en logarithme naturel, et la densité de la population de *Stephanoderes* pour les récoltes successives dans la parcelle expérimentale à LA MÉ. L'échelle à droite indique la proportion réelle.

valle de confiance. La droite trouvée correspond alors très bien au modèle.

Résumant ce qui a été trouvé, on peut dire que la proportion de cerises saines à une certaine date de récolte, s'explique en fonction de la densité de la population du *Stephanoderes*, estimée comme il a été décrit plus haut.

On conclura aussi, que le nombre de tous les stades du scolyte, présents dans les cerises récoltées à la date précédente, et qui ont alors été enlevés, fournit une bonne mesure, quoique toujours relative, du nombre de femelles de *Stepha-*

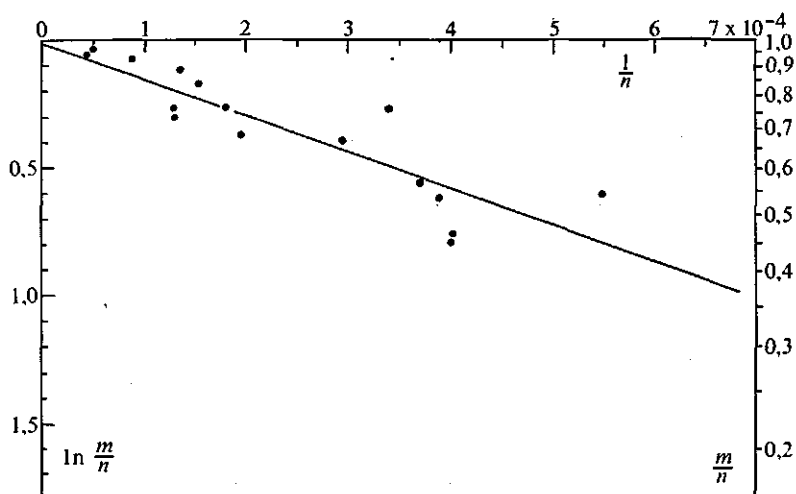


FIGURE 10. Relation entre la proportion de cerises non-attaquées, transformée en logarithme naturel, et l'inverse du nombre total de cerises pour les récoltes successives dans une plantation de café à Sumatra (Ophir, plantée en 1931). L'échelle à droite indique la proportion réelle.

nodes, provenant en majorité des pieds environnants non-récoltés, qui attaquaient les cerises en réalité.

Un cas particulier du modèle est fourni par la situation, où le nombre de femelles, s'attaquant aux cerises, r , est constant. Dès lors la proportion de cerises saines dépend uniquement de l'abondance de cerises. L'équation de régression devient alors :

$$\ln \frac{m}{n} = -k \frac{1}{n}, \quad \text{dont } k = r.$$

Deux exemples sont données dans figure 10 et figure 11, la première provenant de la plantation „Ophir” à Sumatra (Indonésie) – climat très humide, récolte répandue assez régulièrement sur toute l'année – (chiffres extraits de BETREM, 1935, et de DEENEN, 1936) et l'autre provenant d'une plantation située sur les côtes du Mont Kelud dans l'Est de Java – saison sèche marquée, récolte plus groupée – (chiffres extraits de BETREM, 1935).

Les coefficients de corrélation entre $\ln m/n$ et $1/n$ sont respectivement $-0,886$ et $-0,947$ et les équations de régression :

$$\ln \frac{m}{n} = -0,144 \frac{1}{n} - 0,009 \quad \text{et} \quad \ln \frac{m}{n} = -0,008 \frac{1}{n} - 0,152.$$

La cause de cette constance du nombre de femelles, qui s'attaquent aux cerises doit être cherchée dans le fait, qu'on récoltait à l'époque très régulièrement, toutes les trois semaines environ on revenait dans la même parcelle et on enlevait ainsi une grande partie de la population de *Stephanoderes*. Dans le chapitre 4.3.1. je reviendrai encore sur la question.

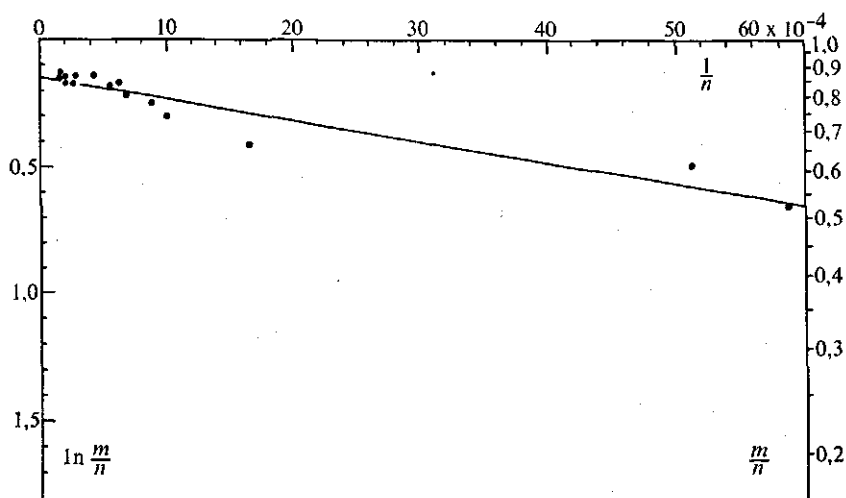


FIGURE 11. Relation entre la proportion de cerises non-attaquées, transformée en logarithme naturel, et l'inverse du nombre total de cerises pour les récoltes successives dans une plantation de café à Java oriental (Mont Kelud). L'échelle à droite indique la proportion réelle.

4.2.2. Résistance et sensibilité des variétés de café à l'attaque du scolyte

Déjà LEEFMANS (1923) attirait l'attention sur la différence de sensibilité entre les diverses espèces (variétés) de café à l'attaque du *Stephanoderes*. Le mécanisme de la résistance ne lui était pas tout à fait clair, mais les annotations dans ses tableaux montrent quand-même quels caractères il jugeait importants. Dans le Jardin expérimental de Bogor (Indonésie) LEEFMANS déterminait l'attaque pendant une année. Les variétés y étaient vraisemblablement plantées proches les unes des autres. Les pourcentages de cerises attaquées sont donc provoqués, partiellement au moins, par des scolytes venant d'autres variétés. Elles n'indiquent alors pas, ce qu'on peut attendre dans une plantation plantée avec une seule variété. Là, l'infestation d'une variété peu sensible sera encore plus réduite, à défaut d'une infection de l'extérieur.

Je résume son tableau XV dans le tableau 7 en laissant inchangés les noms des variétés. Les pourcentages ont été classés en trois catégories, bas, moyen et élevé, indiqué par un, deux ou trois astérisques.

TABLEAU 7. L'attaque de différentes variétés de café à Bogor (d'après LEEFMANS, 1923)

Variété	% de cerises attaquées	Cerises avec couvain en % du nombre de cerises attaquées
<i>excelsa</i>	17*	28*
<i>liberica</i>	22*	25*
<i>abeokutae</i>	16*	24*
<i>liberica</i> × <i>arabica</i>	30**	23*
<i>aruwimiensis</i>	18*	44**
<i>dybowski</i>	7*	36**
<i>stenophylla</i>	9*	53**
<i>laurentii</i>	22*	77***
<i>robusta</i>	34**	69***
<i>canephora</i>	49**	77***
<i>congensis</i>	42**	69***
<i>arnoldiana</i>	43**	65***
Quillou	73***	81***
Uganda	65***	85***
<i>quilouensis</i>	79***	79***

On voit qu'il y a deux phases dans l'attaque des caféiers:

1. l'attraction des cerises et la pénétration dans la pulpe (l'attaque).
2. la pénétration dans la graine et la reproduction (la pénétration).

En utilisant les trois catégories mentionnées, nous constatons, que les cafés *excelsa*, *liberica* et *abeokutae* sont peu attaqués et peu pénétrés, que les cafés *aruwimiensis*, *dybowski*, *stenophylla*, *laurentii* et l'hybride *liberica* × *arabica* sont peu attaqués mais qu'ils offrent d'assez bonnes conditions à la reproduction, tandis que les *robusta*, *canephora* et *congensis* sont moyennement attaqués et très pénétrés et enfin, que les Quillou, Uganda et *quilouensis* sont les plus sensibles tant à l'attaque qu'à la pénétration.

Un des facteurs, qui déterminent l'attraction, est la forme de la cerise, ou plutôt la forme du disque. Dans son travail de forage la femelle a apparemment besoin d'un support pour son corps. Elle le trouve surtout dans le disque, endroit le plus favorable à la pénétration, ou dans le pédoncule. Les cotés lisses ne sont choisis, sauf au cas où la cerise est tombée à terre ou dans des essais de laboratoire, où la femelle utilise la terre ou les parois comme support.

Le disque peut être plus ou moins proéminent ou dans le même plan que la

pulpe. Dans son tableau XVII LEEFMANS (l.c.) distingue trois formes du disque chez le café *dybowski*, à savoir disque proéminent, un peu proéminent et aplati. J'ai extrait les pourcentages de cerises attaquées correspondants, ils sont 6,2, 5,8 et 1,6 % respectivement. Quand on sépare les cafés *aruwimiensis* (LEEFMANS l.c., tableau XVI) en deux catégories: 1. avec disque plus ou moins proéminent et 2. sans une telle proéminence, on obtient comme % de cerises attaquées 33 et 13 % respectivement.

Le même phénomène explique la différence, observée partout, ainsi que par moi-même, entre les Kouillou, à disque proéminent, et les *robusta*, à disque plat, les premiers étant plus sévèrement attaqués que les *robusta*.

Ayant commencé à forer un trou dans la cerise, la femelle rencontre un obstacle, qu'elle pourra surmonter ou qui l'empêchera de pénétrer dans la graine. LEEFMANS (l.c.) a pensé, que le degré de dureté de la parche était le facteur décisif. Dans ce cas pourtant, il est difficilement compréhensible, que *Stephanoderes* sache pénétrer dans une cerise noire de *abeokutae* (var. Gros Indénié) et non dans une cerise mûre de la même variété. D'autres auteurs, p.e. VAYSSIÈRE (1955), constatent, que l'épaisseur de la pulpe est plutôt le facteur prohibitif. En effet, une femelle essayant à pénétrer dans une cerise de *Coffea excelsa*, *C. liberica* ou *C. abeokutae*, n'est plus, à un certain moment, en contact avec la peau de la cerise et n'est pas encore en contact avec la parche. Elle nage plutôt dans la pulpe, très riche en eau. Les parois du trou ne dessèchent pas comme ils le font chez les variétés à pulpe mince.

L'épaisseur de la pulpe est assez variable pour les différentes variétés. Les cafés *arabica* peuvent avoir une pulpe assez épaisse pour empêcher la pénétration du scolyte et j'ai fait la même observation pour certaines cerises de *robusta*.

TABLEAU 8. Multiplication de *Stephanoderes* dans des graines de différentes teneurs en eau (♀: femelle fondatrice; v.: vivante; m.: morte). Voir le texte.

Teneur en eau	45-50 %				50-55 %				55-60 %			
	♀	lv.	oeufs	graine	♀	lv.	oeufs	graine	♀	lv.	oeufs	graine
	v.	15	—	N	v.	12	6	N	m.	—	—	R
	v.	16	—	N	v.	15	4	M	v.	20	6	N
	v.	22	3	N	v.	8	—	N	v.	23	—	N
	v.	19	12	N	m.	—	—	N	v.	18	—	N
	v.	20	5	N	v.	17	6	N	v.	12	—	N
	v.	6	—	N	v.	11	—	N	v.	17	5	N
	v.	9	—	N	v.	19	—	N	v.	14	—	N
	v.	8	5	N	v.	8	—	N				
	v.	20	—	N	v.	17	3	N				
	v.	11	3	N	v.	13	—	N				
	v.	7	—	N	v.	9	—	N				
	v.	18	3	N	v.	23	6	N				
					v.	21	6	N				
					v.	13	4	N				
Totaux	12 × v.	171	31	12 × N	1 × m. 13 × v.	186	35	13 × N 1 × M	1 × m. 6 × v.	104	11	6 × N 1 × R
Nombre moyen de larves et d'oeufs par femelle en- core vivante.	17				17				19			

4.2.3. Influence du degré de maturité des cerises sur l'attaque et la reproduction du scolyte

La cerise de café ne fournit pas toujours au scolyte le milieu favorable à sa multiplication. Ceci exige un certain degré de maturité, ce qui n'exclut pas, que des cerises plus jeunes soient attaquées. Attaquant une jeune cerise, dont les graines sont encore laiteuses, la femelle n'entre dans cette cerise que très superficiellement. Après quelque temps la femelle quitte en général cette cerise, cherchant une autre, plus convenable. LEEFMANS (1923) a prouvé cela et j'ai constaté la même phénomène. J'offrais à une femelle une cerise verte à la manière habituelle dans un tube de verre. Après 5 jours chaque femelle avait bien pénétré dans cette cerise. C'était alors, qu'une cerise rouge fut introduite dans le même tube. Un jour plus tard 8 cerises rouges étaient déjà attaquées sur les 48, que comptait l'essai, et dans 7 autres tubes la femelle avait quitté la cerise verte. 13 jours après l'introduction de la cerise rouge il y avait 32 cerises rouges attaquées contre 10 cerises vertes seulement, tandis que 6 femelles étaient mortes dans le tube.

Une fois que les cerises vertes ont été quittées, les spores de bactéries et de champignons y ont libre accès. Cette attaque peut provoquer alors des pertes considérables à cause de la pourriture des graines. C'est seulement, quand les graines sont devenues plus dures, qu'elles offrent un milieu propice à la multiplication du scolyte.

J'ai essayé différentes méthodes, afin de déterminer le moment où la cerise offre des conditions nécessaires à la multiplication, préférant des méthodes, qui laissent la cerise intacte.

La dureté de la graine, indication de la maturité, fut mesurée avec un péné-

60-65 %				65-70 %				70-75 %				75-80 %				> 80 %			
♀	lv.	oeufs	graines	♀	lv.	oeufs	graines	♀	lv.	oeufs	graines	♀	lv.	oeufs	graines	♀	lv.	oeufs	% graines
m.	-	-	M	v.	8	4	M	v.	3	-	M	m.	-	-	M	v.	2	-	R
v.	15	3	N	v.	-	-	M	v.	-	-	M	v.	1	-	R	m.	-	-	M
v.	19	6	N	v.	-	-	R	v.	11	-	M	v.	-	-	M	v.	-	-	R
v.	7	-	N	v.	2	-	N	v.	-	-	R	v.	-	-	R	m.	-	-	V < 85
v.	-	-	N	v.	8	7	N	v.	-	-	R	v.	-	-	R	m.	-	-	V < 85
m.	-	-	N	v.	8	-	M	m.	-	-	V	v.	1	-	R	m.	-	-	V < 85
m.	3	-	N	v.	2	1	R					v.	2	-	R				
v.	10	-	M	v.	9	4	N					v.	3	-	R				
3×m	54	9	6×N	8×v.	37	16	3×N	2×m	14	-	3×M	1×m	7	-	2×M	4×m	2	-	1×M
5×v.			2×M				3×M	4×v.			2×R	8×v.			7×R	2×v.			2×R
							2×R				1×V								3×V
12				7				4				1				1			

tromètre. Le principe en est de faire pénétrer de quelques millimètres une aiguille dans la cerise, jusque dans la graine, la force nécessaire à la pénétration étant mesurée en fonction du déplacement d'un ressort à boudin. Cette méthode offrait peu de perspectives. La résistance à un courant électrique ne valait guère mieux.

Faute de moyens pour estimer le degré de maturité de la graine in situ, il paraissait alors plus simple de couper les cerises en deux, d'offrir la moitié dans un tube de verre à une femelle, et de déterminer la teneur en eau de la graine de l'autre moitié (par séchage au four à 105°C.). L'idée directrice était, que la maturité est inversement proportionnelle à la teneur en eau.

La teneur en eau des deux moitiés montre une variabilité très faible. La différence moyenne entre ces deux moitiés, mesurée dans 25 cerises était de 1,43 %. La plus grande valeur de cette différence est de 2 % à $P = 0,05$. La méthode est donc raisonnablement sûre.

25 jours après l'infection les moitiés furent examinées en comptant leur contenu en scolytes à différents stades. Le tableau 8 montre les résultats. J'y ai indiqué, si la femelle a été trouvée vivante ou morte, ensuite le nombre de larves et d'oeufs, ainsi que l'aspect des graines : graine normale *N*, graine ridée, encore de couleur verdâtre *M*, graine ridée, de couleur noirâtre (peu de nourriture) *R* et graine très racornie, pratiquement sans endosperme *V*.

On voit dans le tableau, que les cerises, ayant une teneur en eau plus élevée que 65 % offrent des conditions peu favorables au développement du scolyte et que ce développement cesse pratiquement à des taux plus élevés que 75 %. Forcée à rester dans une graine d'une teneur en eau supérieur à 85 %, la femelle meurt de faim.

L'attraction des cerises en fonction de leur maturité

On sait depuis LEEFMANS (1923), que les femelles qui ont le choix, préfèrent les cerises noires aux cerises rouges et ces dernières aux cerises vertes. Dans des essais il offrait à une trentaine de femelles simultanément 10 cerises noires, 10 rouges et 10 vertes (20 répétitions). Après un jour 145, 110 et 95 de ces cerises étaient infestées respectivement.

Dans un essai semblable j'offrai à une femelle une cerise rouge, une jaune et une verte (29 répétitions). La cerise rouge fut préférée aux autres : après un jour, la femelle avait choisi 19 fois la cerise rouge, 9 fois la jaune et 3 fois la verte. Les femelles préfèrent donc la cerise, qui convient le mieux à leur descendance, du moins lorsque elles ont le choix. L'attaque des cerises vertes dans la nature a lieu surtout lorsque manquent des cerises plus convenables.

Je me suis demandé, quels étaient les facteurs attractifs des cerises mûres. J'ai pris en considération des facteurs optiques et des facteurs olfactifs.

Selection optique

Afin de soumettre à un test le sens optique des femelles, j'ai imitée des cerises en confectionnant des billes que j'ai colorées avec des couleurs d'aquarelle : noir, rouge, jaune et vert, représentant les différents stades de maturité. Des flocons de coton furent imbibés avec les couleurs, puis séchés. Trempés ensuite dans de la paraffine fondue, ils sont pétris, jusque ce qu'ils aient pris la forme d'une cerise de café.

Une bille de chaque couleur fut offerte dans une boîte de Petri à un certain nombre de femelles de *Stephanoderes*, placées dans le milieu de la boîte. 12 à

18 heures plus tard je contrôlais où les femelles se tenaient. Si elles se trouvaient en dessous d'une bille, ou si elles s'étaient logées dedans, elles étaient considérées comme ayant choisi cette bille. Si elles se trouvaient ailleurs, j'estimais, qu'elles n'avaient pas fait de choix.

J'ai résumé dans le tableau 9 les résultats de ces essais en même temps que leur signification mathématique, calculée au moyen de chi-carré.

TABLEAU 9. Préférence des femelles de *Stephanoderes* pour des billes de différents couleurs.

Essai no.	Nombre de répétitions	Nombre de ♀♀ par boîte	Nombre de ♀♀ sur bille				χ^2	P
			noire	rouge	jaune	verte		
1.	10	20	52	64	21	15	4,447	0,220
2.	5	20	12	22	4	14	12,615	0,006
3.	12	8	41	7	9	12	44,330	0,001
4.	10	20	74	37	14	25	5,443	0,150
5.	8	8	25	7	2	13	25,085	0,001
Totaux			204	137	51	79		0,06*)

*) Probabilité calculée selon FISHER (1950) p. 99: The combination of probabilities from tests of significance.

La série d'expériences était alors très concluante. Les billes de couleur noire sont préférées aux billes rouges et celles-ci aux billes jaunes et vertes. Ces expériences prouvent, que les femelles sont capable de distinguer les cerises mûres à l'aide de leur sens optique.

Sélection olfactive

Il est également intéressant de savoir, si l'odeur des cerises joue un rôle dans l'orientation du scolyte. Une méthode simple, le „screen-test” selon DETHIER (1937) est employé dans ce but. Le principe en est le suivant: On offre à un insecte le matériel dont on veut connaître le pouvoir d'attraction couvert de tulle, ceci afin d'éviter le contact direct de l'insecte. On suit alors les déplacements de l'insecte, placé sur le tulle.

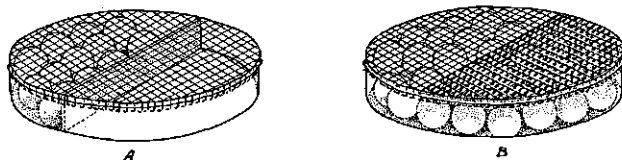


FIGURE 12. Boîte de Petri, remplie avec des cerises de café pour le „screen-test”. A. boîte divisée en deux; B. boîte pour la moitié de sa surface couverte de cellophane.

En pratique le couvercle d'une boîte de Petri (diamètre = 10 cm) est rempli entièrement de cerises de café, la moitié de la surface étant couverte d'une feuille de cellophane lissée (figure 12B). Pour certains essais le couvercle est divisé en deux. Une moitié est remplie de cerises, l'autre moitié restant vide, ou alors étant remplie de cerises d'une autre couleur (figure 12A). Le tout est couvert de tulle de nylon à mailles fines. Des femelles sont placées au milieu sur le tulle. Le fond de la boîte est posé comme couvercle sur le tulle. Un gobelet de

carton sans fond est mis sur la boîte, afin d'éviter que le phototropisme de l'insecte ne joue un rôle perturbateur. Après une minute d'attente la distribution des femelles sur la surface est déterminée. Chaque expérience est répétée dix fois. Dans les tableaux qui suivent les probabilités de transgression, P , sont données pour les totaux¹⁾. Lorsque les résultats sont significatifs à $P = 0,05$, je l'ai indiqué par une astérisque.

Les essais suivants ont été faits:

20 femelles à la fois sont placées sur la boîte remplie entièrement de cerises rouges (ceci pour éviter l'attraction de la couleur), la moitié de la boîte étant couverte de cellophane. Comme le montre le tableau 10 les femelles ont une préférence nette (hypothèse alternative: $p > \frac{1}{2}$) pour le côté odorant, donc pour les cerises rouges.

TABLEAU 10. Résultats de 5 essais, chaque à 10 répétitions, portant sur le choix entre des cerises rouges et des cerises rouges couverte de cellophane.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus des cerises rouges		P
	Odeur	Cellophane	
2.	112	88	
4.	131	69	
9.	116	84	
10.	131	69	
19.	89	68	
Totaux	579	378	< 0,0002 *
Indice	100	69	

Afin d'être sûr, d'une part, que la cellophane n'est pas répulsive et, d'autre part, que ce n'est pas l'humidité au dessus des cerises rouges, qui attire les femelles, deux séries d'expériences ont été faites, à savoir:

1. la boîte vide, pour la moitié couverte de cellophane et
2. la boîte avec le fond garni d'un papier filtre mouillé, la moitié de la boîte couverte de cellophane.

Les tableaux 11 et 12 en montrent les résultats respectifs (hypothèse alternative: $p \neq \frac{1}{2}$).

¹⁾ On veut soumettre à un test l'hypothèse que les insectes choisissent sans préférence l'une des deux moitiés de la boîte; autrement dit: la probabilité élémentaire que les insectes choisissent la moitié odorante A , est égale à $p = \frac{1}{2}$ et qu'ils choisissent la moitié B est égale à $q = 1 - p = \frac{1}{2}$.

Le nombre d'insectes (n) dans la moitié A est un échantillon d'une distribution de probabilité binominale avec les paramètres: p et $n + m$, où m est le nombre d'insectes dans la moitié B . L'hypothèse nulle est alors: $p = \frac{1}{2}$ et les hypothèses alternatives: $p > \frac{1}{2}$ dans les cas où il y a un objet supposé attractif et $p < \frac{1}{2}$ dans les cas où il n'y a pas de préférence supposée.

La probabilité $P(n \geq n)$ se calcule au moyen d'une approximation normale avec correction

$$\text{de continuité } P\left(\chi \geq \frac{n - \frac{1}{2}(n+m) - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}\sqrt{n+m}}\right)$$

$$\text{où } P(\chi \geq a) = \int_a^{\infty} (2\pi)^{-\frac{1}{2}} \exp.(-\frac{1}{2}t^2) dt.$$

TABLEAU 11. Résultats de 3 essais portant sur le choix entre la moitié vide et la moitié couverte de cellophane.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de la		P
	moitié vide	cellophane	
3.	90	110	
6.	111	89	
7.	104	96	
Totaux	305	295	0,367
Indice	100	97	

TABLEAU 12. Résultats de 6 essais portant sur le choix entre la moitié humide et la moitié couverte de cellophane.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de la		P
	moitié humide	cellophane	
5.	131	69	
8.	108	92	
11.	110	90	
28.	67	111	
33.	85	82	
33a.	70	97	
Totaux	571	541	0,192
Indice	100	95	

Dans les deux cas l'hypothèse nulle n'est pas rejetée. Il est alors très improbable qu'il y ait une influence de la cellophane ou de l'humidité sur le comportement des femelles.

Sous les conditions offertes, cerises couvertes de tulle de nylon, la couleur ne joue pas un rôle supplémentaire dans l'attraction des femelles. Ceci est démontré dans les deux séries suivantes, où la moitié de la boîte seulement est remplie de cerises rouges, tandis que l'autre moitié est garnie de papier filtre sec ou de papier filtre mouillé (hypothèse alternative $p > \frac{1}{2}$). Voir les tableaux 13 et 14 respectivement.

TABLEAU 13. Résultats de 4 essais portant sur le choix entre des cerises rouges et du papier filtre sec.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de		P
	cerises rouges	papier sec	
14.	136	124	
15.	86	51	
16.	71	83	
17.	94	52	
Totaux	387	310	0,002*
Indice	100	80	

TABLEAU 14. Résultats de 2 essais portant sur le choix entre des cerises rouges et du papier filtre mouillé.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de		P
	cerises rouges	papier mouillé	
18.	108	52	
27.	89	111	
Totaux	197	163	0,041 *
Indice	100	83	

Les résultats sont comparables à ceux du tableau 10.

Des essais avec des cerises vertes indiquent que les femelles perçoivent aussi ces cerises à leur odeur (hypothèse alternative $p > \frac{1}{2}$). Voir les tableaux 15 et 16.

TABLEAU 15. Résultats de 2 essais portant sur le choix entre des cerises vertes et des cerises vertes couvertes de cellophane.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de		P
	cerises vertes	cellophane	
30a.	95	80	
31a.	97	80	
Totaux	192	160	0,049 *
Indice	100	83	

TABLEAU 16. Résultat de l'essai portant sur le choix entre des cerises vertes et du papier filtre mouillé.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de		P
	cerises vertes	papier mouillé	
26.	116	84	0,014 *
Indice	100	72	

Enfin j'ai comparé l'attraction de cerises rouges avec l'attraction de cerises vertes (hypothèse alternative: $p \neq \frac{1}{2}$). Les résultats de ces essais sont résumés dans le tableau 17.

On voit dans ce tableau que les cerises vertes sont nettement préférées aux cerises rouges. Dans la nature ce sont, comme il a été démontré, les cerises rouges qui sont le plus souvent attaquées. Il faut en conclure que l'odorat joue un rôle subordonné à la vue, quant au choix de la cerise. Ceci s'accorde avec le fait que les femelles volent toujours en plein jour, à partir de 1 heure de l'après-midi jusqu'à 5 heures environ.

Je mentionne encore que deux essais avec des cerises rouges, pour la moitié couvertes de cellophane, ont été faits avec des femelles antennectomisées. Ces

TABLEAU 17. Résultats de 7 essais portant sur le choix entre des cerises rouges et des cerises vertes.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus des cerises		P
	rouges	vertes	
20.	60	108	
21.	79	89	
22.	75	125	
23.	97	103	
24.	58	142	
24a.	114	86	
25.	109	91	
Totaux	592	844	< 0,0002 *
Indice	100	143	

essais prouvent (hypothèse alternative: $p > \frac{1}{2}$) que le sens olfactif est localisé non seulement dans les antennes, mais aussi dans d'autres parties du corps. Voir le tableau 18.

TABLEAU 18. Résultats de 2 essais portant sur des femelles antennectomisées, ayant le choix entre des cerises rouges et des cerises rouges couvertes de cellophane.

No. de l'essai	Nombre de ♀♀ au-dessus de		P
	cerises rouges	cellophane	
12.	119	81	
13.	68	32	
Totaux	187	113	< 0,0002 *
Indice	100	60	

4.3. AUTRES ÊTRES VIVANTS

Parmi les facteurs biotiques qui jouent un rôle dans l'écologie de *Stephanoderes*, trois éléments se distinguent par leur importance spéciale en tant que facteur de mortalité. Dans les chapitres suivants seront traités successivement l'influence de l'homme, les parasites et l'effet de la densité de *Stephanoderes* sur sa multiplication.

4.3.1. L'influence de l'homme

Comme il a été dit dans le chapitre 2, l'homme joue nécessairement un rôle important dans l'écologie de *Stephanoderes* en récoltant les cerises de café. Il prive ainsi le scolyte de ses possibilités de multiplication et il enlève en même temps un grand nombre d'individus de *Stephanoderes* de la plantation.

C'est surtout sur ces faits que la lutte contre le scolyte a été basée: récolte régulière et enlèvement des cerises noires restées sur les arbustes ou tombées à terre. Dans les régions à récolte plus ou moins continue on a essayé en plus de faire une interruption dans le cycle en cueillant à l'époque, où il y en a le

moins, tous les fruits verts au-dessus d'une certaine grosseur. A condition d'avoir été appliquées soigneusement, ces mesures réduisaient l'infestation d'une façon considérable. C'est ainsi qu'on est arrivé à diminuer au Vietnam l'infestation de 80 % à 5 % (NANTA, communication personnelle). BERGAMIN (1944) trouvait dans des essais réalisés au Brésil une réduction de 22 % à 5 % en enlevant juste après la récolte toute cerise restée dans la plantation.

Nous avons vu dans le chapitre 4.2.1. qu'une récolte soignée devait mener à une population constante de *Stephanoderes*. Les observations suivantes rendent ce phénomène plus compréhensible.

L'examen du contenu de cerises attaquées, en prenant en considération uniquement celles ayant du couvain de *Stephanoderes*, a montré, qu'il n'y a que très peu de jeunes adultes dans les cerises provenant des récoltes bimensuelles de la parcelle expérimentale, tandis qu'il y en a beaucoup plus dans les cerises provenant d'échantillonnages irréguliers dans une autre parcelle. Voir le tableau 19.

TABLEAU 19. Contenu de cerises attaquées ayant du couvain, provenant des récoltes bimensuelles à LA MÉ et provenant d'échantillonnages irréguliers.

Récoltes bimensuelles							Echantillonnages						
Nombre de cerises	♀♀	♂♂	pupes	larves	oeufs	Descendance moyenne par cerise	Nombre de cerises	♀♀	♂♂	pupes	larves	oeufs	Descendance moyenne par cerise
45	47	—	—	—	424	9,4	17	22	—	—	—	96	5,6
14	14	—	—	148	—	10,6	19	33	—	—	260	—	13,7
109	111	—	—	1328	1165	22,9	77	102	—	—	1053	617	21,7
29	29	—	181	408	—	20,3	10	10	—	53	156	—	20,9
42	42	—	259	923	257	34,3	11	11	—	44	260	52	32,4
31	239	27	195	431	193	34,0	62	845	83	325	1125	568	46,5
44	359	48	375	521	—	28,6	127	2758	244	531	1398	—	37,8
Totaux 314 1) 270	841 788	75 68	1010	3759	2039		323	3781	327	953	4252	1333	
Totaux 584	1629	143											

1) dont 66 cerises contenant des jeunes adultes. Dans ces cerises ne sont comptés que les stades adultes.

Dans le premier cas $31 + 44 + 66 = 141$ sur 584, soit 24 % des cerises contiennent des jeunes adultes, contre $63 + 127 = 189$ sur les 323, soit 59 % dans le deuxième cas. En supposant que chaque cerise contienne une femelle-fondatrice, il y a en moyenne 1,8 respectivement 10,6 jeunes femelles par cerise attaquée ayant du couvain. Il est évident qu'on a plus de chances pour que des jeunes femelles soient déjà sorties dans le premier cas que dans le deuxième. Il est pourtant assez difficile d'estimer combien de femelles sont sorties. J'essayerai deux approximations.

Supposons que la sixième règle du tableau donne le nombre maximum de descendance pour les cerises considérées. La différence entre les moyennes de la sixième et la septième règle donne alors les nombres respectifs suivants de femelles sorties: 5,4 femelles sorties de 44 cerises sur 314, soit 0,8 femelles par

cerise attaquée, et 8,7 femelles sorties de 127 cerises sur 323, soit 3,4 femelles.

Un autre point de référence pourrait fournir la proportion de mâles et de femelles, les mâles restant dans les cerises où ils sont nés. Dans des élevages de laboratoire j'ai trouvé dans la descendance 5765 ♀♀ et 363 ♂♂, soit 15,88 : 1, dans les cerises avec beaucoup de jeunes adultes. Ce chiffre pourrait être utilisé, n'était ce que *Stephanoderes* est légèrement protandrique. Dans les cerises où les jeunes adultes commencent à sortir des pupes, j'ai trouvé 568 ♀♀ contre 69 ♂♂, soit 8,23:1. Retenons une proportion de 12:1, proportion sans doute trop élevée pour les récoltes bimensuelles, et une proportion de 12:1 pour la sixième et de 15:1 pour la septième règle du tableau pour les échantillonnages. Le nombre de femelles sorties devient alors 1,2 et 3,4 respectivement.

Il est évident qu'avec des récoltes, faites tous les quinze jours, la population de *Stephanoderes* pourrait à peine se maintenir, et cela avec un taux de multiplication du scolyte, pourvu que les cerises restent dans la plantation, de 30 à 40. Le niveau de l'infestation dépend alors du niveau initial (au début de la période de récolte) de la population d'insectes.

Le tableau sur les récoltes bimensuelles et ce qui a été dit dans le chapitre 4.1.1. sur la durée du cycle évolutif de *Stephanoderes*, nous amènent à la conclusion, que l'attaque des cerises, suivie de la naissance d'une descendance, a lieu généralement une vingtaine de jours au plus tôt avant que la cerise devienne rouge.

Nous voyons alors que l'homme peut être le facteur de mortalité le plus important de *Stephanoderes*. Des raisons économiques semblent pourtant s'opposer actuellement à une telle intensité de récoltes, qui demanderait beaucoup de main-d'oeuvre. Une intensification de la culture et un bon choix des caféiers à planter, de préférence des clones, réduiraient, me semble-t-il, considérablement les charges d'un tel système de récolte.

Enfin, depuis la seconde guerre mondiale, des méthodes de lutte chimique ont été développées. Elles consistent en un ou deux traitements des caféiers avec un insecticide, au moment où l'attaque de la nouvelle récolte commence (voir par exemple: SCHMITZ et CRISINEL, 1957, et WILLET, 1957).

4.3.2. Les parasites de *Stephanoderes hampei* FERR.

Les parasites connus de *Stephanoderes hampei* sont *Prorops nasuta* WATERSTON (1923), Hym., fam. Bethyilidae, et *Heterospilus coffeicola* SCHMIEDEKNECHT (1923), Hym., fam. Braconidae. Ils ont été trouvés pour la première fois en Uganda par HARGREAVES (1926) en 1923. Le même auteur (l.c.) a trouvé en 1921 un troisième parasite, non déterminé, dont il donne quelques détails biologiques. Depuis, cet insecte n'a plus été retrouvé. WATERSTON (1923) décrit encore *Calliceras dictynna* WATERST., Hym., fam. Calliceratidae, comme parasite de *Stephanoderes*. Cet insecte a été trouvé une fois par HARGREAVES. Il s'agit probablement d'un hyperparasite, comme les autres Calliceratidae (voir CLAUSEN, 1940).

Enfin j'ai trouvé en Côte d'Ivoire un nouveau parasite-hyménoptère, décrit par BETREM (1961) sous le nom de *Cephalonomia stephanoderis*, fam. Bethyilidae.

Parmi les champignons se trouvent deux parasites de *Stephanoderes*: *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL. et *Spicaria javanica* BALLY.

Prorops nasuta WATERSTON

C'est ce parasite, qui a été l'objet des études les plus intensives. HARGREAVES (1926) donne des détails sur sa biologie. Après avoir paralysé par des piqûres une larve du dernier stade ou une pupe de *Stephanoderes*, la femelle de *Prorops* attache un oeuf sur leur face ventrale. La jeune larve se nourrit en exoparasite, en suçant le contenu de l'hôte dans un délai de 3 à 4 jours. Elle file ensuite à l'intérieur de la cerise un cocon de soie, dans lequel la nymphose a lieu; la durée de ce stade est de 21 jours environ. Le cycle évolutif complet, de la ponte de l'oeuf jusqu'à l'éclosion de l'adulte, dure en moyenne 27 jours. Les adultes se nourrissent de jeunes stades de *Stephanoderes* (selon DE TOLEDO, 1942, également d'adultes de *Stephanoderes*). Le nombre maximum d'oeufs observé est de 37. La parthénogénèse se rencontre régulièrement, les oeufs non-fécondés ne donnant naissance qu'à des mâles. PUZZI (1939) trouvait une proportion de femelles de 75%.

Le parasite a été introduit à Java (FRIEDERICH, 1925) et à Ceylan (HUTSON, 1939), pays dans lesquels l'insecte n'a pas pu se maintenir. Par contre l'introduction au Brésil a été couronnée de succès (DE TOLEDO, 1942). L'intensité du parasitisme y est pourtant assez irrégulière et *Prorops* n'arrive pas à maintenir l'infestation de *Stephanoderes* dans des limites raisonnables.

En Côte d'Ivoire je n'ai rencontré *Prorops* que quelques fois (insectes déterminés par M. J. G. BETREM, Deventer). Son rôle y semble être négligeable.

Heterospilus coffeicola SCHMIEDEKNECHT

Tandis que *Prorops nasuta* se rencontre dans les cerises infestées déjà depuis un certain temps, *Heterospilus coffeicola* est trouvé surtout dans les cerises attaquées récemment.

La femelle de *Heterospilus* pond un oeuf par cerise. La larve, une fois éclos, se nourrit d'oeufs et de jeunes larves de *Stephanoderes*. Elle peut en consommer une quinzaine (30 à 40 selon DE TOLEDO PIZA et PINTO DA FONSECA, 1935) pendant les 18 à 20 jours que dure son développement (HARGREAVES, 1926). Ensuite elle se fait un cocon soyeux près de l'orifice de la galerie, après avoir tué la femelle de *Stephanoderes* (DE TOLEDO PIZA et PINTO DA FONSECA l.c.). L'insecte est alors un prédateur plutôt qu'un parasite.

Les adultes ne vivent pas à l'intérieur de la cerise comme le fait *Prorops*. On n'est pas arrivé à les faire pondre en laboratoire. La connaissance de sa biologie reste alors assez fragmentaire; il nous manque en particulier des données sur son taux de multiplication.

Pendant la période de mes observations je n'ai pas trouvé *Heterospilus* en Côte d'Ivoire.

Cephalonomia stephanoderis BETREM (figures 13 et 14)

Cephalonomia stephanoderis est le parasite le plus important de *Stephanoderes* en Côte d'Ivoire. Sa biologie ressemble beaucoup à celle de *Prorops nasuta*. La femelle pond ses oeufs, un par larve, sur la face ventrale des larves du dernier stade, paralysées par ses piqûres. La larve enfonce la tête dans l'hôte et en suce le contenu, jusqu'à ce qu'il n'en reste que la cuticule (planches 1, 2 et 3). Quoique n'ayant pas été observée directement, la durée du stade larvaire doit être très courte; je n'ai trouvé ce stade que très rarement. VAN EMDEN (1931) a constaté, à une température de 23°C., une durée de 3 à 4 jours pour les larves de *Cephalonomia quadridentata* DUCHAUSSOY.

La nymphose a lieu dans un cocon soyeux, fait parfois à l'intérieur des galeries, plus souvent dans l'espace entre la graine et la parche. Les larves font leurs cocons les uns contre autres comme le montre la figure 15. Le nombre maximum de cocons observé dans une cerise était de 22. Ils formaient la descendance d'une seule femelle.

Les adultes de *Cephalonomia* se nourrissent des adultes de *Stephanoderes*. Ceci est démontré par les observations résumées dans le tableau 20.

TABLEAU 20. Nombre de femelles de *Stephanoderes* mortes et vivantes dans des cerises avec ou sans *Cephalonomia*, à la même date de récolte.

a. Cerises rouges de la parcelle expérimentale

avec <i>Cephalonomia</i>			sans <i>Cephalonomia</i>			
Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes	Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes	Nombre de cerises attaquées sans ♀♀ mortes
4	35	3	4	4	20	23
5	51	4	8	13	96	17
9	203	24	3	15	48	16
5	34	4	5	23	42	12
4	19	21	2	2	2	23
1	2	0	1	3	3	39
8	26	9	1	1	2	20
3	1	0	1	1	8	21
6	32	6	1	1	0	10
2	1	3	—	—	—	14
8	22	0	2	4	2	9
2	1	2	—	—	—	13
5	4	0	4	5	12	14
6	39	5	3	14	9	6
6	7	3	2	2	8	13
5	16	1	4	13	5	16
2	4	0	1	1	0	20
1	4	1	—	—	—	20
Totaux 82	501	86	42	102	257	306
Moyenne par cerise	6,1	1,0		2,4	6,4	
Moyenne de ♀♀ mortes de toutes les cerises attaquées				0,3		

b. Cerises attaquées des échantillonnages

avec <i>Cephalonomia</i>			sans <i>Cephalonomia</i>		
Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes	Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes
7	129	3	26	4	145
5	51	4	24	13	295
10	203	24	17	28	516
12	69	27	35	28	210
25	110	15	52	12	177
48	166	15	69	65	194
Totaux 107	728	88	223	150	1537
Moyenne par cerise	6,8	0,8		0,7	6,9

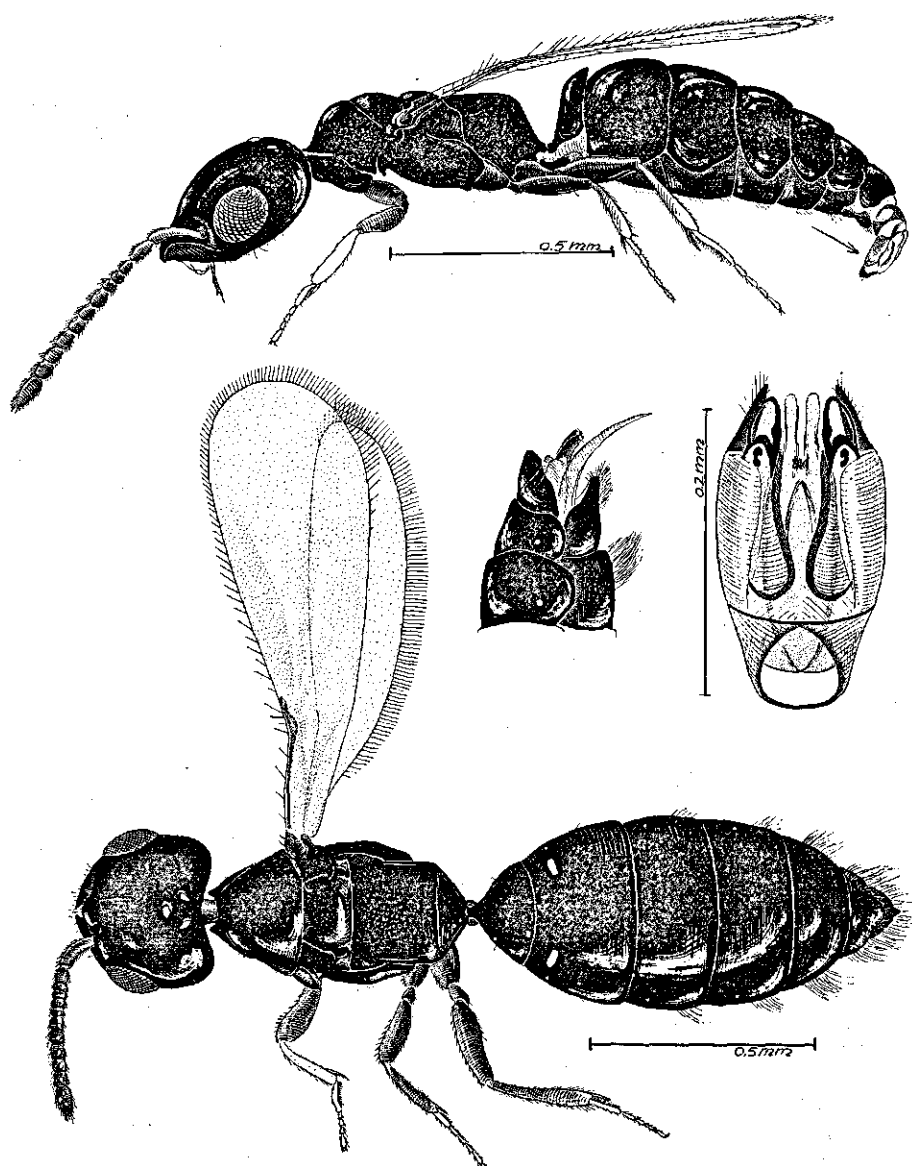


FIGURE 13. *Cephalonomia stephanoderis* BETREM.
 en haut: ♂ face latérale
 au milieu à gauche: appareil génital de la femelle
 à droite: appareil génital du mâle
 en bas: ♀ face dorsale
 (R. H. COBBEN ad. nat. del.)

c. Vieilles cerises attaquées avec une grande mortalité de *Stephanoderes*

avec <i>Cephalonomia</i>			sans <i>Cephalonomia</i>		
Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes	Nombre de cerises	♀♀ mortes	♀♀ vivantes
24	691	66	72	1022	198
Moyenne	28,8	2,8		14,2	2,8

Les chiffres du tableau sont assez éloquentes. Dans les cerises sans *Cephalonomia* la mort des femelles est due probablement à la sénilité, tableau 20 a et b, et au manque de nourriture, tableau 20 c. Elle peut être due également à *Beauveria bassiana*, sans qu'il y ait croissance extérieur de mycelium, ou à *Cephalonomia* ayant disparu.

On rencontre très souvent des cerises attaquées, dans lesquelles on trouve un adulte de *Cephalonomia* sans qu'elle y ait pondu des oeufs. Cet individu a tué quand-même la plupart des adultes de *Stephanoderes*, qui s'y trouvaient.

Des couvains ne donnant naissance qu'à des mâles n'ont pas été trouvés. Ce phénomène est assez commun pourtant chez *Prorops nasuta* (HARGREAVES, 1926), chez *Cephalonomia quadridentata* DUCHAUSSOY (VAN EMDEN, 1931) et chez *Cephalonomia gallicola* ASHMEAD (KEARNS, 1934) et implique la naissance par parthénogénèse. La proportion de mâles et de femelles de *C. stephanoderis* était de 1:4,8 (81♂♂ et 387♀♀).

Des individus aptères, comme il en existe entre autres chez les espèces de *Cephalonomia* citées, n'ont pas été trouvés.

Des essais d'élevage n'ont pas été suivis de beaucoup de succès, partiellement à cause d'un manque de parasites, mais aussi, parce que une faible proportion seulement des femelles mises dans un tube de verre avec une cerise attaquée a pondu des oeufs. La seule observation que j'ai faite, était que les premiers jeunes adultes de *Cephalonomia* sortaient de la cerise 30 jours après l'entrée de la femelle.

L'influence de *Cephalonomia* sur la population de *Stephanoderes* est très faible dans les conditions où cette population se développe à l'intérieur des cerises régulièrement cueillies, comme le montre la figure 4. Au maximum il y avait 21 *Cephalonomia* sur 100 cerises attaquées. Ce fait n'est pas étonnant, parce que le parasite se développe surtout dans les vieilles cerises contenant des larves du dernier stade de *Stephanoderes*.

Par contre, sur les arbustes non-récoltés le pourcentage de cerises attaquées avec *Cephalonomia* peut atteindre 27% pour les cerises rouges et 50% pour les cerises noires.

Il semble bien qu'il n'y ait guère de scolyte qui puisse sortir d'une cerise contenant des *Cephalonomia*.

Dans une plantation soignée *Cephalonomia* peut être responsable d'une réduction considérable de la population de *Stephanoderes* qui y reste après la période de récolte, dans les cerises oubliées. Il diminue ainsi le niveau de la population initiale, au début de la récolte suivante. Pendant cette période il peut y avoir pourtant une grande mortalité du scolyte due à un manque de nourriture, comme il a été discuté dans le chapitre 4.1.1.. L'action de *Cephalonomia* peut alors être rattrapée par cette mortalité.

Dans une plantation mal-soignée l'influence de *Cephalonomia* doit être beaucoup plus importante.

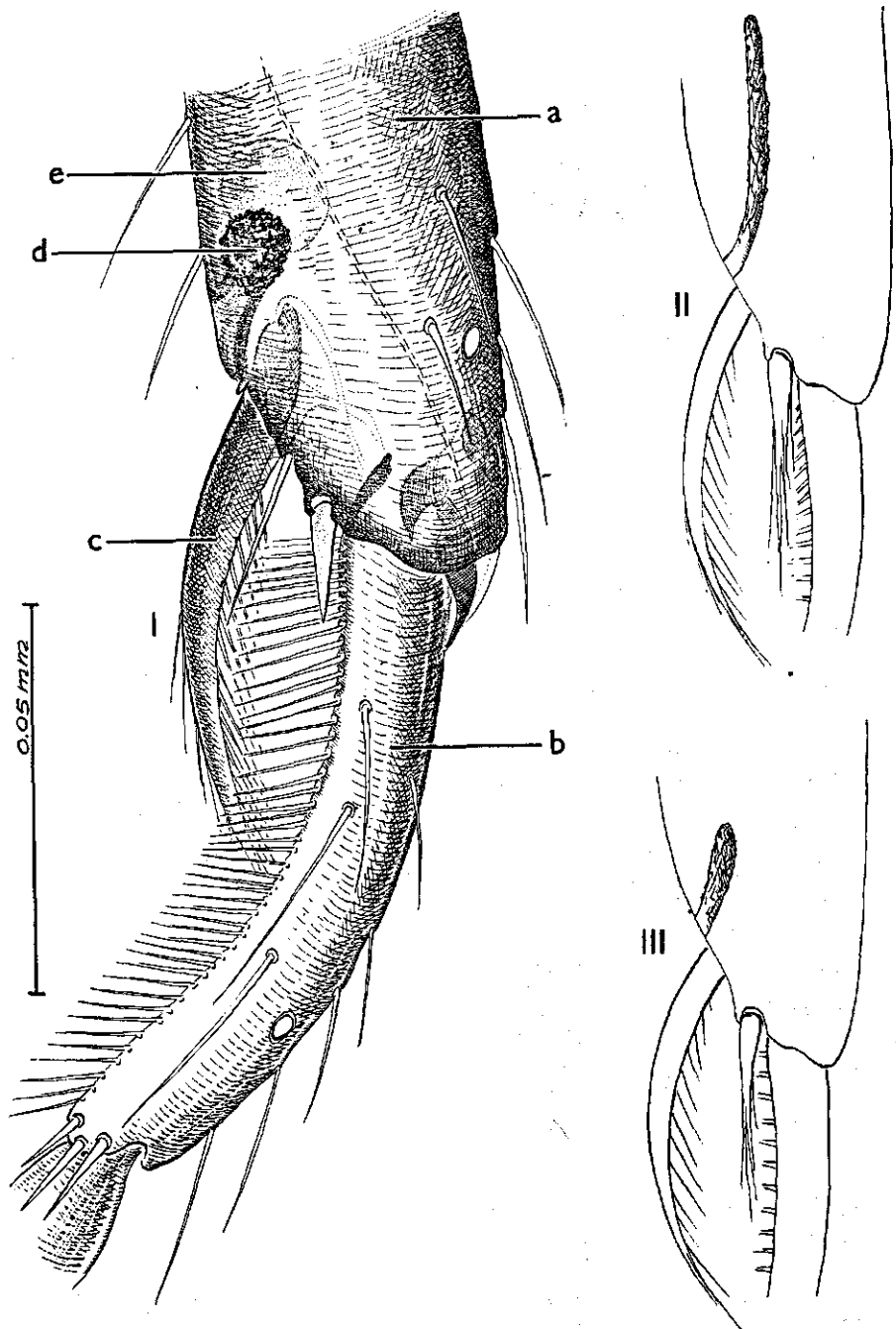


FIGURE 14. *Cephalonomia stephanoderis* BETREM. Détails des pattes, appareil de toilette.
 I. patte antérieure ♂; *a* tibia; *b* métatarse; *c* éperon; *d* glande sécrétoire; *e* gouttelette de sécrétion (préparation en acide lactique).
 II. patte postérieure du mâle.
 III. patte postérieure de la femelle; noter le dimorphisme sexuel de la glande sécrétoire.
 (R. H. COBBEN ad nat. del.)

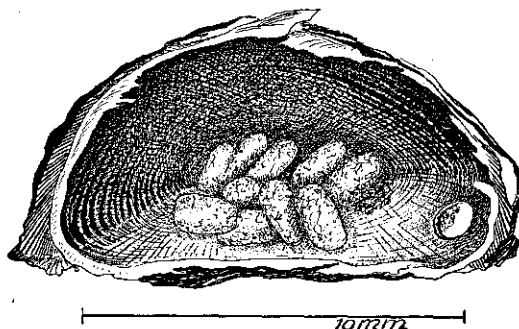


FIGURE 15. *Cephalonomia stephanoderis* BETREM. Des cocons à l'intérieur de la parche d'une cerise de café. A droite l'orifice de la galerie de *Stephanoderes*.

Beauveria bassiana (BALS.) VUIL.

Synonymes: *Botrytis bassiana* BALS. = *Beauveria stephanoderis* (BALLY) PETCH = *Botrytis stephanoderis* BALLY.

Déjà v. D. WEELE (1910) constata la présence d'un champignon sur des exemplaires morts de *Stephanoderes*. LEEFMANS (1923) en prouvait la nature parasitaire. BALLY (FRIEDERICHs et BALLY, 1923) décrivait le champignon comme *Botrytis stephanoderis* et isolait encore une deuxième espèce *Spicaria javanica* BALLY. Le premier est le plus répandu, présent également en Côte d'Ivoire (déterminé par M. J. A. VON ARX, Baarn).

Un résumé de la littérature est donné par ROGER (1953) et je n'indiquerai alors que les points relatifs à mes propres observations.

Les conditions favorisant l'infection de *Beauveria* sont un ciel couvert et une humidité relative élevée, $\pm 80\%$ (PASCALET, 1939). Si l'humidité relative est excessive, la longévité des spores décroît considérablement (ROGER, l.c.).

La figure 4 indique la fréquence de *Beauveria*, exprimée en nombre de cerises contenant des scolytes parasités (reconnaissables au mycelium blanc poussant entre les téguments) sur 100 cerises attaquées. Ce nombre fut négligeable pendant la plus grande partie de la période considérée, sauf pour les mois de Novembre et Décembre 1959, pendant lesquels des pourcentages pouvant atteindre 26% de cerises contenant des *Stephanoderes* parasités furent observés. La grande saison des pluies, Mai-Juillet, est apparemment trop humide, pour qu'il y ait une grande pullulation du champignon.

Si nous comparons la petite saison des pluies, Septembre-Novembre, de 1959 avec la même saison de 1958, la première paraît avoir été plus longue et plus humide, avec des petites pluies régulièrement réparties, voir le tableau 21.

TABLEAU 21. Quelques données météorologiques sur la petite saison des pluies de 1958 et 1959 (station d'Adiopodoumé).

Mois	Nombre de jours de pluie		mm d'Eau		Hum. rel. à 12.00 h.		Insolation %	
	1958	1959	1958	1959	1958	1959	1958	1959
Septembre	7	18	15,3	76,4	76,4	82,6	12,5	13,4
Octobre	16	20	89,3	150,1	70,6	79,0	34,3	36,6
Novembre	16	17	94,9	168,4	76,5	76,7	40,8	55,9
Décembre	10	6	76,8	47,3	74,5	73,8	40,0	39,9

C'était alors l'humidité relative plutôt que l'insolation, qui limitait la pullulation de *Beauveria* en 1958.

Les scolytes se trouvant, dans une petite galerie, dans la pulpe des cerises vertes étaient plus infectés par le champignon que les scolytes dans les cerises mûres. STEYAERT (1935) attribuait ce phénomène au fait que l'abdomen des femelles dans les cerises vertes est exposé à une infection de l'extérieur, tandis qu'elles seraient invulnérables à l'intérieur des graines. J'ai observé également un nombre élevé d'insectes morts de *Beauveria* dans des cerises noires, presque vidées par le scolyte. Je crois que la condition physiologique des insectes joue un rôle dans leur sensibilité. Ce ne sont pas seulement les scolytes rencontrés dans les fruits noires, presque vides, qui souffrent d'un manque de nourriture, mais aussi ceux, qui se trouvent dans les cerises vertes. En effet, en faisant une galerie, la femelle mâche la pulpe, qu'elle jette dehors sous forme d'un poudre orangéâtre, mais elle ne la digère pas. Ceci est en accord avec PASCALET (1939) qui trouvait dans ses essais une plus grande mortalité, quand il privait les femelles de nourriture pendant quelque temps avant l'infection avec *Beauveria*.

4.3.3. Attaque multiple de la cerise et son influence sur l'intensité de la reproduction

WILKINSON (1928) observait une diminution de l'importance de la descendance par femelle de *Stephanoderes*, quand il y avait un grand nombre de scolytes s'attaquant à un nombre réduit de cerises.

Afin d'avoir quelques données plus précises j'ai mis dans un tube de verre avec une cerise rouge 1, 2 et 4 femelles respectivement, en 10 répétitions. J'ai compté la descendance 32 jours après l'infection. Les résultats sont donnés dans le tableau 22.

TABEAU 22. Descendance de *Stephanoderes* après infection avec différents nombres de femelles.

Infecté avec	Descendance dans les 10 tubes					Nombre moyen par cerise	Nombre moyen par femelle
	♀♀	♂♂	pupes	larves	oeufs		
1 ♀	176	17	84	110	49	43,6	43,6
2 ♀♀	101	17	38	25	52	23,3	11,7
4 ♀♀	103	10	5	16	94	22,8	5,7

Par rapport au nombre maximum possible, la réduction du couvain est alors considérable en nombre moyen par cerise et, ce qui est plus important encore, en nombre moyen par femelle.

5. LE DÉTERMINISME DU NOMBRE D'ATTAQUES DE LA FEMELLE DE *STEPHANODERES HAMPEI* FERR.

De nombreux détails sur la biologie de *Stephanoderes* ont été donnés dans les chapitres précédents.

Il y a une question que je me propose de résoudre dans ce chapitre, à savoir: une femelle de *Stephanoderes* peut-elle attaquer successivement plusieurs cerises de café et y pondre des oeufs?

Il est évident que la réponse est importante pour l'écologie du scolyte. Si elle était affirmative nous aurions affaire à un taux de multiplication plus élevé que celui que j'ai avancé dans les chapitres précédents. Ce taux de multiplication serait d'autant plus élevé, que la femelle sortirait plus tôt de la cerise pour reprendre son activité ailleurs. De nombreuses observations pourtant m'ont appris que la femelle-fondatrice reste, à de rares exceptions près, dans la cerise au moins jusqu'au moment où les jeunes femelles deviennent noires. Dès lors on ne peut plus la distinguer de ces dernières. Si la vieille femelle sortait de la cerise en même temps que les jeunes, comme l'affirme BERGAMIN (1943), ce phénomène serait important surtout dans les plantations où la récolte se fait régulièrement. C'est là, que des taux de multiplication très bas sont observés, la plus grande partie de la descendance étant enlevée. Si la femelle-fondatrice se joignait à l'unique jeune femelle qui en moyenne sort de chaque cerise (voir le chapitre 4.3.1.) il y aurait un „taux de multiplication” de 2 au lieu de 1.

Des observations de laboratoire pourtant rendent cette sortie peu probable. Une vingtaine de femelles, ayant parmi leur descendance des jeunes adultes, ont été placées avec une cerise fraîche dans un tube de verre, condition dans laquelle l'infestation par des jeunes femelles réussit toujours à plus de 90%. En contrôlant les tubes un mois plus tard, j'ai trouvé 4 femelles ayant pénétré jusque dans la graine, dont une avait pondu 1 oeuf et une autre 2 oeufs. Les autres n'avaient même pas réussi à pénétrer dans la pulpe, elles étaient mortes dans le tube.

5.1. DÉGÉNÉRESCENCE DES MUSCLES DE VOL ET SA SIGNIFICATION DANS L'ÉCOLOGIE DE L'INSECTE

CHAPMAN (1956 et 1958) a trouvé que *Trypodendron lineatum* OLIV. (Col. Scolytidae), une fois établi dans sa galerie, perd sa capacité de vol. Ceci est accompagné par une dégénérescence quasi-complète de ses muscles de vol.

Il était alors intéressant d'étudier les muscles de vol de *Stephanoderes* à différents moments de sa vie, pour voir si des phénomènes de dégénérescence pouvaient expliquer le comportement de l'insecte. En effet de tels phénomènes se produisent.

Avant d'entrer dans les détails je passerai brièvement en revue la littérature sur ce sujet en relevant pour chaque cas l'importance écologique de la dégénérescence.

5.1.1. Littérature

JANET (1907 et 1907a) a été le premier à découvrir la disparition complète des muscles vibrateurs du vol après le vol nuptial chez les reines des fourmis (espèce étudiée spécialement: *Lasius niger* L.). Ces muscles ne servent que quelques heures, après quoi la reine perd ses ailes. Le début de l'histolyse se traduit par une altération des fibrilles, qui perdent leur netteté et deviennent onduleuses. Puis elles se fusionnent en petites masses d'une forme souvent irrégulière. Les noyaux sont devenus pycnotiques. Le sarcolemme est respecté. Des leucocytes y pénètrent et assimilent les substances libérées par l'histolyse. Ces cellules donnent naissance au tissu adipeux, qui remplira l'espace occupé primitivement par les muscles. L'auteur rejette l'idée de phagocytose dans le sens de METCHNIKOFF (1892); il ne trouvait pas des phagocytes ayant ingéré des particules entières de muscles, ce qui est le cas pour l'histolyse des muscles de la queue des têtards (Batraciens).

A la suite de JANET des phénomènes analogues ont été trouvés par FEYTAUD (1912) chez les reines du termite *Leucotermes lucifugus* ROSSI, par MERCIER (1924) chez *Lipoptena cervi* L. (Dipt.) et par MERCIER (1928) chez *Carnus hemapterus* NITZCH (Dipt.).

Toutes ces espèces ne volent qu'une fois pendant leur vie et perdent ensuite leurs ailes, ce qui rend les muscles superflus.

Plus tard on a trouvé la dégénérescence chez des insectes qui gardent leurs ailes, mais qui perdent la capacité de vol. ESCHERICH (1923) supposait qu'il y avait une telle dégénérescence chez *Hylobius abietis* L. (Col. Curc.), car les vieux individus ne volent pas, tandis que les jeunes volent.

JACKSON (1933) a étudié les muscles de vol de *Sitona hispidula* F. et de *Sitona lineata* L. (Col. Curc.). Les muscles du premier sont dégénérés après l'hivernage, tandis que le deuxième les garde intacts. *S. hispidula* passe sa vie dans les champs de luzerne et de trèfle, cultures pluri-annuelles, où l'insecte a moins besoin de voler; des formes brachyptères et des formes à muscles réduits (ces muscles n'ont jamais atteint leur développement normal) sont fréquentes chez cette espèce. *S. lineata*, par contre, infeste au printemps les champs de pois, culture annuelle, et doit migrer alors d'année à année. L'examen microscopique montre que les muscles dégénérés ont un volume très réduit, les fibrilles ont disparu, mais les noyaux existent toujours et le sarcolemme reste intact.

L'existence de la dégénérescence est probable chez *Hydroporis palustris* L. (Col. Dytisc.) (JACKSON, 1952).

HOCKING (1953) trouvait, dans la végétation, des moustiques (probablement *Aedes communis* DE GEER), ayant des oeufs prêts à être pondus, qui n'avaient plus leurs muscles de vol. Ces derniers dégénèrent probablement dès le début du développement des ovaires. Cette étude demande à être approfondie.

JOHNSON (1957 et 1959) a étudié la dégénérescence des muscles de vol chez des pucerons, plus spécialement chez *Acyrtosiphon pisum* KALT.. Aussitôt que les alienicolae ailées se sont établies sur la plante-hôte, c'est à dire, qu'elles ont commencé à se nourrir et à déposer des jeunes larves, les muscles de vol dégénèrent en quelques jours. Ceci implique que ces alienicolae ne peuvent donner naissance qu'à une colonie et qu'un transport éventuel de virus de plante en plante est limité.

JOHNSON, comme les autres auteurs cités, décrit le processus de la dégénérescence comme une autolyse sans qu'il y ait une intervention de phagocytes. Du tissu adipeux remplace les muscles.

Chez tous les insectes, dont il a été question jusqu'ici, la dégénérescence est un processus irréversible. Par contre chez *Trypodendron lineatum* OLIV. (CHAPMAN, 1956 en 1958) les muscles reprennent leur forme originale vers la fin d'une période de ponte. Ce scolyte peut alors fonder une autre colonie. Malheureusement cet auteur faisait ses observations par simple dissection des insectes. Des préparations microscopiques auraient fourni un meilleur moyen de comparaison.

CLARKE (communication personnelle) trouvait chez la punaise *Dysdercus fasciatus* SIGN., parasite du cotonnier, une dégénérescence réversible. Après la période de ponte les muscles reprenaient leur aspect normal.

5.1.2. La dégénérescence des muscles de vol chez *Stephanoderes hampei* FERR.

Méthodes

Les insectes ont été fixés dans le liquide de Bouin. Préalablement le prothorax et les élytres, téguments très durs chez les scolytides-adultes, ont été enlevés, sauf pour les jeunes femelles, dont la chitine n'était pas encore durcie.

Comme méthode d'inclusion j'ai employé celle de PETERFI (1921), inclusion mixte à la paraffine et au collodion dissous dans le benzoate de méthyle. Les résultats obtenus avec cette méthode étaient de loin supérieurs à ceux obtenus avec l'inclusion simple dans de la paraffine. Les tissus restaient en place et la chitine se coupait bien.

Les insectes sont coupés au microtome en coupes de 6 μ d'épaisseur.

Coloration: Hématoxyline et éosine selon EHRLICH (CARLETON, 1957 p. 97).

Résultats

Chez les femelles de *Stephanoderes*, qui viennent d'éclore, les muscles fibrillaires sont encore très peu développés (planche 4). Aussi les ovaires prennent très peu de place. Les noyaux musculaires sont allongés et les fibrilles très peu serrées les unes contre les autres. On peut bien observer la pénétration des trachées dans le faisceau musculaire (planche 5).

Les muscles croissent considérablement jusqu'à ce qu'ils forment, le sixième jour environ après la naissance, au moment de la sortie de la femelle, le complexe imposant que montre les planches 6 et 7. Les muscles occupent alors toute la cavité méta-thoracique. Sur coupe longitudinale les noyaux musculaires, logés entre les fibrilles, sont bien alignés. Sur coupe transversale les noyaux sont régulièrement répartis dans le muscle. Les fibrilles forment une masse compacte. La planche 8 donne la photo d'une coupe transversale d'une telle femelle. Le corps gras est assez homogène, on n'y trouve pas de cellules particulières (planche 9).

Une fois que la femelle est établie dans sa galerie et qu'elle a commencé à pondre, la dégénérescence des muscles fibrillaires commence (planche 10). Les fibrilles deviennent moins rectilignes et, dans les fibres musculaires, des concentrations d'une substance fortement colorable à l'hématoxyline apparaissent. Sur ces endroits la structure fibrillaire a disparu: ce sont des concentrations de noyaux musculaires, soit des invasions d'hémocytes (planche 11, x). Dans le corps gras des cellules à très gros noyau apparaissent. Les muscles tubulaires restent inchangés.

Lorsque les femelles ont pondu 10 à 15 oeufs, dont quelques uns sont déjà éclos, ce qui correspond à un séjour de 10 à 15 jours dans la cerise, les muscles de vol ont presque disparu. Il n'en reste que des traces, contenant encore des petits corps ressemblant à des noyaux (planche 12). Dans la cavité thoracique de nombreuses trachées, qui ont desservi les muscles, sont visibles. A côté des muscles dégénérés se trouvent des cellules amiboïdes fortement éosinophiles (planche 13, o) à gros noyau, qui sont plus ou moins incluses dans le tissu adipeux. Les mêmes cellules sont présentes également près des ovaires. Elles se trouvent alors aux endroits d'une grande activité métabolique.

Des femelles ont été fixées à différents moments, jusqu'à 81 jours, après la sortie de la cerise. Jamais une trace de régénération des muscles de vol n'a été observée. La possibilité pour la femelle-fondatrice de sortir de sa galerie pour infester une deuxième cerise peut donc être exclue.

Des femelles non-fécondées, nourries sur café, ne montraient pas de signes de

dégénérescence, même quand elles étaient fixées 81 jours après leur sortie de la puppe.

De même les femelles provenant de cerises vertes où elles n'avaient pas pénétré dans la graine, ne perdaient pas leur capacité de vol.

La conclusion est donc que la femelle de *Stephanoderes* ne produit qu'un seul couvain.

RÉSUMÉ

Dans le présent travail nous avons essayé d'analyser les facteurs écologiques qui jouent un rôle dans l'épidémiologie de *Stephanoderes hampei* FERR. en Côte d'Ivoire.

Les fluctuations saisonnières de l'infestation et de la population du scolyte ont été suivies dans les cerises mûres provenant de récoltes bimensuelles d'un certain nombre de caféiers, qui étaient entourés de caféiers non-récoltés.

En Côte d'Ivoire le rythme annuel des variations de température, déterminant la vitesse de développement du scolyte est opposé au rythme des floraisons du caféier et, par conséquent, de la maturation des cerises. Le dernier dépend du régime des pluies.

La durée moyenne de développement d'une génération de *Stephanoderes* trouvée au moyen de la courbe de sortie des femelles d'une caisse de capture est, à une température moyenne de 26°C., de 40 jours.

Des humidités relatives extrêmes sont défavorables à la survie des scolytes dans les cerises noires d'une période d'abondance de cerises à l'autre.

Nous avons démontré que la proportion de cerises non-attaquées dépend de la quantité de cerises disponibles pour le scolyte dans les plantations de café régulièrement récoltées. Dans ces plantations la population de *Stephanoderes* est constante. Elle ne l'était pas dans la parcelle expérimentale où la proportion de cerises saines s'explique en fonction du nombre de scolytes par cerise susceptible d'être attaquée.

Deux facteurs déterminent la résistance des caféiers au scolyte, à savoir l'absence d'un disque proéminent sur la cerise et l'épaisseur de la pulpe.

Des graines ayant une teneur en eau supérieure à 75% sont impropres à la multiplication de *Stephanoderes*.

La femelle préfère les cerises mûres aux cerises vertes; les caractères optiques jouent un rôle prépondérant dans son orientation.

En récoltant régulièrement, l'homme est le facteur de mortalité le plus important de *Stephanoderes*. Dans la parcelle expérimentale on constatait en moyenne une seule sortie de jeune femelle par cerise attaquée. Le taux de multiplication du scolyte dans ces cerises était alors de 1.

Nous avons découvert un nouveau parasite-hyménoptère de *Stephanoderes*: *Cephalonomia stephanoderis* BETREM. Sa biologie est décrite ici pour la première fois. Cet insecte est le parasite le plus important en Côte d'Ivoire; jusqu'à 50% des couvains du scolyte dans les cerises noires étaient parasités par lui. Ses larves vivent en exoparasite sur les larves du dernier stade de *Stephanoderes* et elles se rencontrent alors surtout dans les cerises d'un stade de maturation

avancée. Les adultes de *Cephalonomia* vivent également dans ces cerises et y tuent les adultes du scolyte. Le parasite ne peut pas vivre dans les plantations ombragées.

En ce qui concerne les parasites connus, *Prorops nasuta* WATERST. n'a été trouvé que très rarement, tandis que *Heterospilus coffeicola* SCHMIEDEKNECHT n'a pas été observé.

Le champignon-parasite *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL. atteint son plus grand degré de pullulation pendant la petite saison des pluies.

La femelle de *Stephanoderes* ne produit qu'un seul couvain. La base physiologique de ce phénomène est la dégénérescence de ses muscles de vol après le début de la ponte.

Nous avons décrit et illustré par des microphotographies le processus de cette dégénérescence, dont les exemples sont encore assez rares.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été fait sous la direction de M. le professeur J. DE WILDE. Son intérêt particulier, ses conseils et son aide active ont contribué pour une grande part à cet ouvrage. Je suis heureux de lui en exprimer ma profonde gratitude.

Il m'est un plaisir d'exprimer à M. le professeur G. MANGENOT, ainsi qu'à M. le professeur P. CACHAN, ma reconnaissance pour leur accueil et les grandes facilités, qu'ils m'ont accordées en mettant à ma disposition le laboratoire d'Entomologie Agricole de l'I.D.E.R.T., Adiopodoumé, Côte d'Ivoire.

Je tiens à remercier également M. R. H. COBBEN pour ses dessins de *Cephalonomia*, M. W. COMPANJEN pour son aide aux travaux histologiques, M. G. MERNY et M. P. TAVIN pour la correction du texte français, M. H. MORAUD, qui a bien voulu mettre à ma disposition une parcelle de caféiers, et M. L. R. VERDOOREN pour ses conseils concernant l'analyse statistique des résultats.

Mon séjour au Centre Néerlandais, Adiopodoumé, a été rendu possible grâce à la bourse que le CONSEIL D'ADMINISTRATION de L'UNIVERSITÉ AGRONOMIQUE de Wageningen m'a accordée. Je lui en suis sincèrement reconnaissant.

SAMENVATTING

In deze studie is een poging gedaan de oecologische factoren te analyseren die het optreden van de koffiebossenboorder (-boeboek), *Stephanodes hampei* FERR. in de Ivoorkust bepalen.

De seizoenschommelingen van de aantasting en van de populatiedichtheid van de kever werden nagegaan aan de hand van de regelmatig geoogste rijpe bessen van een aantal koffiestruiken, die omringd waren door struiken waarvan de bessen niet geoogst werden.

In de Ivoorkust is het ritme van de jaarlijkse temperatuurf fluctuaties, dat de ontwikkelingsduur van *Stephanoderes* bepaalt, tegengesteld aan het ritme van de vruchtrijping, dat op zijn beurt door de verdeling van de regenval wordt veroorzaakt.

Uit de curve van het uitkomen der wijfjes uit vangbakken kon de gemiddelde

ontwikkelingsduur van een generatie worden afgeleid. Deze bedraagt bij een gemiddelde temperatuur van 26°C 40 dagen.

Extreme luchtvochtigheid heeft een ongunstige invloed op de overlevingskansen van *Stephanoderes* in ingedroogde bessen. Dit is vooral van belang tijdens perioden waarin geen rijpe bessen aanwezig zijn.

Wij hebben aangetoond dat het aantastingspercentage afhangt van het aantal aanwezige rijpe bessen, mits regelmatig wordt geoogst. Onder dergelijke omstandigheden is de populatie van *Stephanoderes* constant. Op het proefveld was de populatie niet constant; het percentage aangetaste bessen kan hier verklaard worden uit het aantal kevers per beschikbare bes.

Twee factoren verhogen de resistentie van de koffiestruik tegen de kever, nl. de afwezigheid van een uitstekende zgn. schijf en een goed ontwikkelde pulp. Onrijpe koffiezasen met een vochtgehalte van meer dan 75% zijn ongeschikt als broedplaats voor de kever.

Het wijfje van *Stephanoderes* prefereert rijpe bessen boven groene. De optische kenmerken van de bes spelen de belangrijkste rol bij de oriëntatie van het wijfje.

Indien regelmatig wordt geoogst, is de mens de belangrijkste mortaliteitsfactor van *Stephanoderes*. Gemiddeld ontwikkelde zich slechts één wijfje uit de geoogste aangetaste bessen van het proefveld. De reproductiefactor van de kever was dus slechts 1.

Tijdens ons onderzoek werd een parasiet van *Stephanoderes* ontdekt: *Cephalonomia stephanoderis* BETREM (Hym., Bethylidae), die in de werelfauna-literatuur nog niet eerder werd vermeld. De biologie van deze parasiet wordt hier voor het eerst beschreven. Dit insect is de belangrijkste parasiet van de koffiebossenboorder in de Ivoorkust. In maximaal 50% van de aangetaste zwarte bessen was de *Stephanoderes*-populatie door deze sluipwesp geparasiteerd. De larven leven ectoparasitair op de volgroeide keverlarven. Het parasiteringspercentage is dan ook het grootst in de bessen die reeds enige tijd aangetast zijn. De imagines leven eveneens in de aangetaste bes en doden de volwassen kevers. De parasiet komt niet voor in beschaduwde aanplantingen.

Van de bekende parasieten van *Stephanoderes* hebben wij alleen *Prorops nasuta* WATERST. enkele malen gevonden. *Heterospilus coffeicola* SCHMIEDENKNECHT werd door ons niet waargenomen.

De parasitaire schimmel *Beauveria bassiana* (BALS.) VUIL. heeft zijn grootste verspreiding tijdens de kleine regentijd.

Het wijfje van *Stephanoderes* kan slechts in één bes broed afzetten. De fysiologische achtergrond van dit verschijnsel is de degeneratie van de vliegspieren bij het begin van de eiafzetting.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWARTHA, H. G. et L. C. BIRCH, - 1954. The distribution and abundance of animals. Chicago.
- ANONYMUS, - 1940? Verslag van den Directeur van het Algemeen Proefstation der AVROS over het tijdvak 1 Jan. 1937-31 Dec. 1939. Med. v. h. Alg. Proefstation AVROS, algem. serie no. 59: 22 pp..

- ANONYMUS, - 1946. University of Puerto Rico Agricultural Experiment Station, Annual Report for the fiscal year 1943-44: 68 pp. (R.A.E. 36: 300, 1948).
- ANONYMUS, - 1960. The world coffee production. Foreign Crops and Markets, World Summ., 29 Sept., Washington.
- BALACHOWSKY, A. - 1949. Coléoptères scolytides. Faune de France 50, Paris.
- BEGEMANN, H., - 1926. Verslag van den entomoloog over het tijdvak 3 Dec. 1924-31 Dec. 1925. Med. Koffiebossenboekfonds no. 14: 194-207.
- BEGEMANN, H., - 1928. Over den invloed van temperatuur en relatieve vochtigheid op de ontwikkeling van den koffiebossenboorder, *Stephanoderes hampei* FERRARI. Hand. 5e Ned. Ind. Natuurwetensch. Congres: 353-359.
- BEILLE, L., - 1925. Les *Stephanoderes* sur les caféiers cultivés à la Côte d'Ivoire. Rev. Bot. appl. et Agric. colon. 5: 387-388.
- BERGAMIN, J., - 1943. Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café, *Hypothenemus hampei* (FERR. 1867) (Col. Ipidae). Arq. Inst. Biol. 14: 31-72.
- BERGAMIN, J., - 1944. O "repassé" como método de controle da broca do café *Hypothenemus hampei* FERR. 1867 Col. Ipidae. Arq. Inst. Biol. 15: 197-208.
- BETREM, J. G., - 1935. Verslag van het bezoek van den entomoloog van het Proefstation Mid-den- en Oost-Java aan de onderneming "Ophir" van 22 Januari tot 11 Februari 1935. Rapport interne de N.V. Cultuurbank Amsterdam: 71 pp..
- BETREM, J. G., - 1961. *Cephalonomia stephanoderis* nov. spec. Entomol. Berichten 21: 183-184.
- BLANDFORD, W. F. H., - 1904. Fam. Scolytidae, sub-group IV *Cryphali*. Biologia Centrali-Americana, Insecta Coleoptera 4 part 6: 225-231.
- CARLETON, H. M., - 1957. Histological Technique.: 97, London.
- CHAPMAN, J. A., - 1956. Flight-muscle changes during adult life in a scolytid beetle. Nature 177: 1183.
- CHAPMAN, J. A., - 1958. Studies on the physiology of the *Ambrosia* beetle *Trypodendron* in relation to its ecology. Proc. 10th Intern. Congr. of Entom. vol. 4: 375-380.
- CHEVALIER, A., - 1947. Le scolyte des graines de café. Les caféiers du globe III: 302-309, Paris.
- CLAUSEN, C. P., - 1940. Entomophagous insects. New York-London.
- COHIC, F., - 1958. Le scolyte du grain de café en Nouvelle-Calédonie (*Stephanoderes hampei* FERR.). Café, Cacao, Thé 2: 10-14, N.s. Marne.
- COLEMAN, L. C., - 1931. Report on the coffee berry borer, *Stephanoderes hampei* FERR., in Java. Dept. of Agric. Mysore State, Gen. ser. Bull. no. 16: 26 pp..
- COOLHAAS, C., - 1951. Indrukken van de koffiecultuur in Brazilië. Bergcultures 20: 311-319.
- COOLHAAS, C., H. J. DE FLUITER et H. KOENIG, - 1960. Kaffee 2e éd., Stuttgart.
- CORBETT, G. H., - 1933. Some preliminary observations on the coffee berry beetle borer *Stephanoderes (Cryphalus) hampei* FERR. Malayan Agr. J. 21: 8-22.
- CORDIER, L., - 1960. Les objectifs de la sélection caféière en Côte d'Ivoire. Première réunion technique de la F.A.O. sur la production du café et la protection des caféiers, Abidjan-Côte d'Ivoire 21-29 Oct. 1960: 24 pp. (stencil).
- CORPORAAL, J. B., - 1921. De koffieboorder op Sumatra's Oostkust en Atjeh. Med. Alg. Proefsta. AVROS, Alg. ser. no. 12: 19 pp..
- DA COSTA LIMA, A., - 1922. Sobre o scolyto destruidor dos cafezaes. Chacaras e Quintaes 26: 34-35, S. Paulo.
- DA COSTA LIMA, A., - 1928. Sobre alguns cryphalíneos observados em sementes de cacaeiro e de cafeiro. Suppl. Mem. Inst. Oswaldo Cruz no. 4: 117-123, Rio de Janeiro.
- DA COSTA LIMA, A., - 1956. Insetos do Brasil. tomo 10 Coléopteros. Esc. naç. de Agron., sér. didática no. 12.
- DEENEN, W. J., - 1936. Bloei en bloeislaging van de Robustakoffie op Sumatra's Westkust. Thèse Wageningen: 102 pp..
- DETHIER, V. C., - 1937. Gustation and olfaction in lepidopterous larvae. Biol. Bull. 72: 7-23.
- VAN DINTHER, J. B. M., - 1960. Insect pests of cultivated plants in Surinam. Med. Lab. v. Entom. Wageningen no. 43: 159 pp..
- EGGERS, I. H., - 1922. Kulturschädliche Borkenkäfer des indischen Archipels. Entom. Berichten 6: 84-88.
- EICHHOFF, - 1871. Neue exotische Tomiciden-Arten. Berl. Entom. Zeitschr. 15: 131-136.
- EICHHOFF, W., - 1878. Ratio, descriptio, emendatio eorum Tomicinorum qui sunt in Dr. medic. Chapuisii et autoris ipsius collectionibus et quos praeterea recognovit scriptor W. Eichhoff. Mém. Soc. Roy. des Sci. de Liège, 2e sér. 8: 531 pp..
- EICHHOFF, W., - 1896. Remarks on the synonymy of some North American scolytid beetles. Proc. U.S. Nat. Mus. 18: 608.
- VAN EMDEN, F., - 1931. Zur Kenntnis der Morphologie und Ökologie des Brotkäfer-parasiten

- Cephalonomia quadridentata* DUCHAUSSOY. Zeitschr. f. Morph. u. Ökol. der Tiere 23: 425-574.
- ENTOMOLOGICAL DIVISION, - 1936. Summary of the work of the Entomological Division during 1935. Trop. Agriculturist 86: 343-348, Peradeniya (R.A.E. 24: 764, 1936).
- ESCHERICH, K., - 1923. Die Forstinsekten Mitteleuropas. Vol. II: p. 344, Berlin.
- FELLER, W., - 1957. An introduction to probability theory and its applications: p. 58, New York-London.
- FEYTAUD, J., - 1912. Contribution à l'étude de Termite lucifuge. Arch. d'Anat. Microsc. 13: 481-607.
- FISHER, R. A., - 1950. Statistical methods for research workers. London.
- FLEUTIAUX, E., - 1901. Un ennemi du café du Rouilou (Congo). La Nature 29e année 2e sém.: 4.
- FRIEDERICH, K., - 1921. Enkele mededelingen over het bessenboeckvraagstuk. Tiré à part: Soerabaiasch Handelsblad: 22 Sept.
- FRIEDERICH, K., et W. BALLY, - 1923. Over de parasitische schimmels die de koffiebessenboeck doodden. Med. Koffiebessenboeckfonds no. 6: 141.
- FRIEDERICH, K., - 1925. Verslag van den Entomoloog over het kweken en de eerste verspreiding der sluipwesp, *Prorops nasuta* WATERST. van 21 Januari t/m 20 Juli 1924. Med. Koffiebessenboeckfonds no. 13: 1-11.
- DE HAAN, H. R. M., - 1923. De bloembioologie van robusta-koffie. Malang Proefstation Med. no. 40: 97 pp.
- HAGEDORN, M., - 1910. Wieder ein neuer Kaffeeschädling. Entom. Blätter 6: 1-4, Berlin.
- HAGEDORN, M., - 1912. Ipiden als Kaffeeschädlinge. Entom. Blätter 8: 33-43, Berlin.
- HARGREAVES, H., - 1926. Notes on the coffee-berry-borer (*Stephanoderes hampei* FERR.) in Uganda. Bull. Ent. Res. 16: 347-354.
- HARGREAVES, H., - 1936. Report of the Government Entomologist for 1935. Rept. Dept. Agric. Uganda 1935-1936: 8-11, Entebbe (R.A.E. 25: 351, 1937).
- HOCKING, B., - 1953. Autolysis in flight muscles in a mosquito. Nature 169: 1101.
- HOPKINS, A. D., - 1915. Classification of the *Cryphalinae* with descriptions of new genera and species. U.S. Dept. of Agric. Report no. 99: 75 pp.
- HUITEMA, W. K., - 1935. De bevolkingskoffiecultuur op Sumatra, met een inleiding tot hare geschiedenis op Java en Sumatra. Thèse Wageningen: 238 pp.
- HUTSON, J. C., - 1939. Report on the work of the entomological division. Adm. Rept. Dir. Agric. Ceylon 1938: D36-D41, Colombo (R.A.E. 28: 563, 1940).
- JACKSON, D. J., - 1933. Observations on the flight muscles of *Sitona*-weevils. Ann. Appl. Biol. 20: 731-770.
- JACKSON, D. J., - 1952. Observations on the capacity for flight of water beetles. Proc. R. Ent. Soc. London (A) 27: 57-70.
- JANET, C., - 1907. Histolyse, sans phagocytose, des muscles vibrateurs du vol, chez les reines des Fourmis. C. R. Ac. Sci. Paris 144: 393-396.
- JANET, C., - 1907a. Histogenèse du tissu adipeux remplaçant les muscles vibrateurs histolysés après le vol nuptial chez les reines des Fourmis. C. R. Ac. Sci. Paris 144: 1070-1073.
- JOHNSON, B., - 1957. Studies on the degeneration of the flight muscles of alate aphids. I. A comparative study of the occurrence of muscle breakdown in relation to reproduction in several species. Journ. Ins. Physiol. 1: 248-256.
- JOHNSON, B., - 1959. Studies on the degeneration of the flight muscles of alate aphids. II. Histology and control of muscle breakdown. Journ. Ins. Physiol. 3: 367-377.
- JUSTESEN, S. H. et P. L. M. TAMMES, - 1960. Studies of yield losses. I. The self-limiting effect of injurious or competitive organisms on crop-yield. Tijdschr. o. Plantenziekten 66: 281-287.
- KEARNS, C. W., - 1934. Method of wing inheritance in *Cephalonomia gallicola* ASHMEAD (Bethyridae: Hymenoptera). Ann. Entom. Soc. of America 27: 533-539.
- LAVABRE, E., - 1960. Inventaire de la faune entomologique des caféiers de la Côte d'Ivoire. Première réunion technique de la F.A.O. sur la production du café et la protection des caféiers, Abidjan-Côte d'Ivoire 21-29 Oct. 1960: 6 pp. (stencil).
- LEEFMANS, S., - 1923. De koffiebessenboeck (*Stephanoderes hampei* FERRARI = *coffeeae* HAGEDORN). I. Levenswijze en oecologie. Med. Inst. v. Plantenziekten no. 57: 94 pp., Batavia.
- LEEFMANS, S., - 1924. De koffiebessenboeck. II. Bestrijding. Med. Inst. v. Plantenziekten no. 62: 99 pp., Batavia.
- MENDES, L. O. T., - 1949. Determinação do potencial biótico da "broca do café" - *Hypothenemus hampei* (FERR.) - e considerações sobre o crescimento de sua população. An. Acad. Brasileira de Ciencias 21: 274-290; II, III et IV: Bragantia 9: 203-228.

- MERCIER, L., - 1924. L'atrophie des muscles du vol après la chute des ailes chez *Lipoptena cervi* L. (Diptère pupipare). C. R. Ac. Sci. Paris 178: 591-594.
- MERCIER, L., - 1928. Contribution à l'étude de la perte de la faculté du vol chez *Carnus hemapterus* NITZSCH., Diptère à ailes caduques. C. R. Ac. Sci. Paris 186: 529-531.
- METCHNIKOFF, E., et J. SOUDAKEWITCH, - 1892. La phagocytose musculaire. Contribution à l'étude de l'inflammation parenchymateuse. 1ère partie: Atrophie des muscles pendant la transformation des Batraciens, par El. Metchnikoff. An. Inst. Pasteur 6: 1-20.
- MORSTATT, H., - 1914. Kaffeekultur, Kaffeeschädlinge und andere schädliche Insekten im Bezirk Bukoba. Der Pflanze 10: 133-141, Daressalaam (R.A.E. 2: 446-447, 1914).
- DE OLIVEIRA FILHO, M. L., - 1927. Contribuição para o conhecimento da Broca do Café *Stephanoderes hampei* (FERR. 1867). Comm. de Estudo e Debellação da Praga Cafeteira, Publ. no. 20: 95 pp., S. Paulo.
- PASCALET, P., - 1939. La lutte biologique contre *Stephanoderes hampei* ou scolyte du caféier au Cameroun. Rev. Bot. appl. et d'Agric. trop. 19: 753-764.
- PETERFI, T., - 1921. Eine beschleunigte Celloidin-Paraffin-Einbettung mit Nelkenöl- oder Methylbenzoatecelloidin. Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. 38: 342-345.
- PINTO DA FONSECA, J., - 1939. A broca e o sombreamento dos cafezais. Biologico 5: 133-136 (R.A.E. 28: 61, 1940).
- PORTÈRES, R., - 1959. Valeur agronomique des caféiers des types Kouilou et Robusta cultivés en Côte d'Ivoire. Café, Cacao, Thé 3: 3-13, N.s. Marne.
- PUZZI, D., - 1939. Valor do parasitismo da *Prorops nasuta* WATERSTON no combate à broca do café. Jorn. Agron. 2: 259-264, Piracicaba (R.A.E. 28: 287, 1940).
- ROEPKE, W., - 1919. Gegevens omtrent de koffiebessen-boeboek (*Stephanoderes hampei* FERR. = *coffeeae* HGD.). Med. Inst. v. Plantenziekten no. 38: 32 pp., Batavia.
- ROGER, L., - 1953. Phytopathologie des pays chauds. Tome II: 1922-1924, Paris.
- SAMPSON, W., - 1923. Notes on the nomenclature of the family Scolytidae. Ann. and Mag. of Nat. Hist. 11: 269-271.
- SCHEDL, K. E., - 1942. Neue Scolytidae aus Java. Tijdschr. v. Entom. 85: 1-49.
- SCHMIEDEKNECHT, O., - 1923. *Heterospilus coffeicola* n.sp., eine in Kaffee Früchten in Uganda lebenden Schlupfwespe. Med. Koffiebessenboeboekfonds no. 9: 202-204.
- SCHMITZ, G. et P. CRISNEL, - 1957. La lutte contre *Stephanoderes hampei* FERR. Publ. I.N.E.A.C., sér. sci. no. 70: 156 pp..
- SERVICE DE L'AGRICULTURE, - 1959. Rapport annuel 1958 - Statistiques: 71 pp., Abidjan.
- SLADDEN, G. E., - 1934. Le *Stephanoderes hampei* FERR.. Bull. Agric. Congo Belge 25: 26-77.
- SPING LIN, A. C. HODSON et A. G. RICHARDS, - 1954. An analysis of threshold temperatures for the development of *Oncopeltus* and *Tribolium* eggs. Physiol. Zoölogy 27: 287-311.
- STEYAERT, R. L., - 1935. Un ennemi naturel du *Stephanoderes*, le *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILL. Etude des facteurs ambiants régissant sa pullulation. Publ. I.N.E.A.C., sér. sci. no. 2: 46 pp..
- STROHMEYER, H., - 1910. Ueber Kaffeeschädlinge auf der Insel Java. Entom. Blätter 6: 186-187, Berlin.
- DE TOLEDO, A. A., - 1942. Notas sobre a biologia da vespa de Uganda *Prorops nasuta* WATERST. (Hym. Bethyl.) no Estado de S. Paulo-Brazil. Arq. Inst. Biol. 13: 233-260.
- DE TOLEDO PIZA JUNIOR, S. et J. PINTO DA FONSECA, - 1935. *Heterospilus coffeicola* SCHMIED., parasita da broca do café, *Stephanoderes hampei* FERR.. Arch. Inst. Biol. 6: 179-199.
- VAYSSIÈRE, P., - 1923. Le scolyte du grain de café (*Stephanoderes coffeae* HAG.). l'Agron. colon. 9: 107-112.
- VAYSSIÈRE, P., - 1955. dans R. COSTE Les caféiers et les cafés dans le monde I: 381 pp., Paris.
- VUILLET, A., - 1914. Le *Stephanoderes coffeae* HGD. L'Agron. colon. 1: 19-21 (R.A.E. 2: 240-241, 1914).
- WATERSTON, J., - 1923. Notes on parasitic Hymenoptera. Bull. Ent. Res. 14: 103-118.
- VAN DER WEELE, H. W., - 1910. Ein neuer javanischer Kaffeeschädling *Xyleborus coffeivorus* nov. spec., Bull. Dept. de l'Agric. aux Indes Néerl. no. 35: 1-6, Buitenzorg.
- WESTWOOD, J. O., - 1836. Description of a minute coleopterous insect, forming the type of a new subgenus allied to *Tomicus*, with some observations upon the affinities of the Xylophaga. Trans. Ent. Soc. London (1834) 1: 34.
- WILKINSON, H., - 1928. The coffee berry borer beetle (*Stephanoderes hampei* FERR.). Nairobi, Colony and Protectorate of Kenya: 10 pp..
- WILLET, J. R., - 1957. Bessenboeboek in koffie. Bergcultures 26: 383-401.
- WOOD, S. L., - 1954. A revision of North American *Cryphalini* (Scolytidae, Coleoptera). Univ. of Kansas Sci. Bull. 36 part II, no. 15: 959-1089.

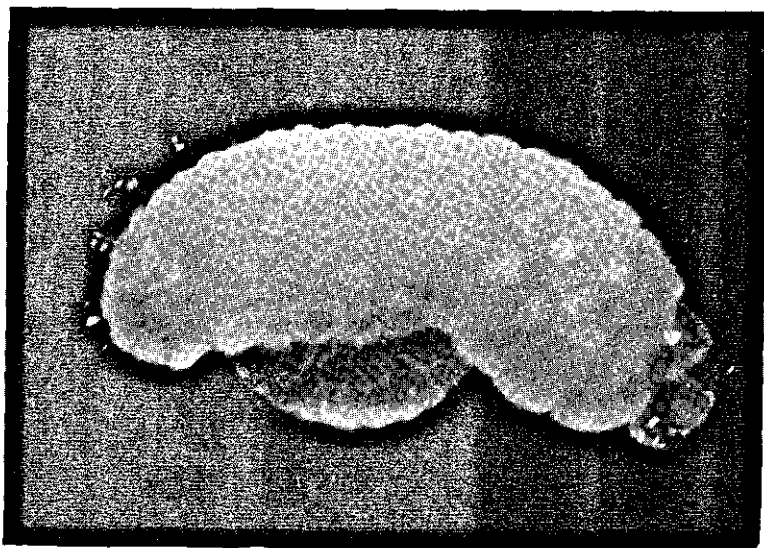


PLANCHE 1. Jeune larve de *Cephalonomia stephanoderis* BETREM, se nourrissant d'une façon exoparasitaire sur la face ventrale d'une larve du dernier stade de *Stephanoderes hampei* FERR..

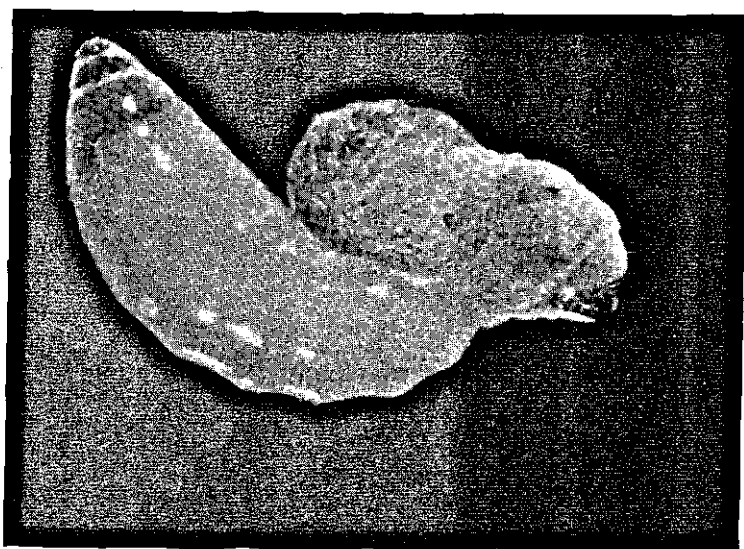


PLANCHE 2. Larve du dernier stade de *Cephalonomia stephanoderis* BETREM, ayant ingéré la plus grande partie du contenu d'une larve de *Stephanoderes hampei* FERR..

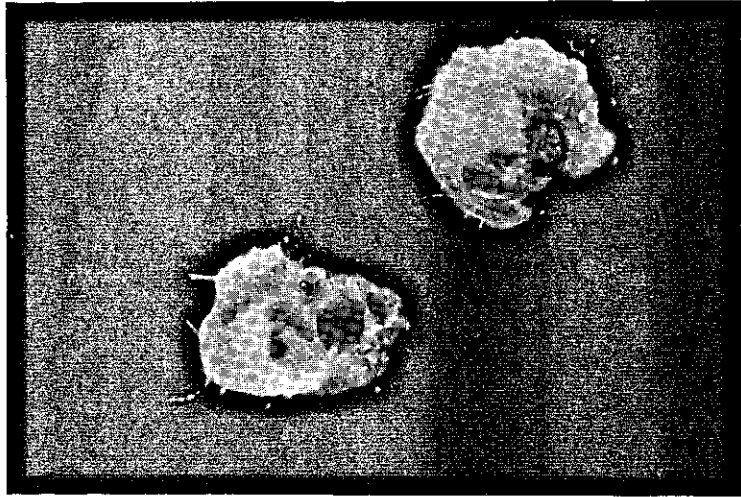


PLANCHE 3. Intéguments de larves de *Stephanoderes hampei* FERR., qui étaient parasitées par *Cephalonomia stephanoderis* BETREM.

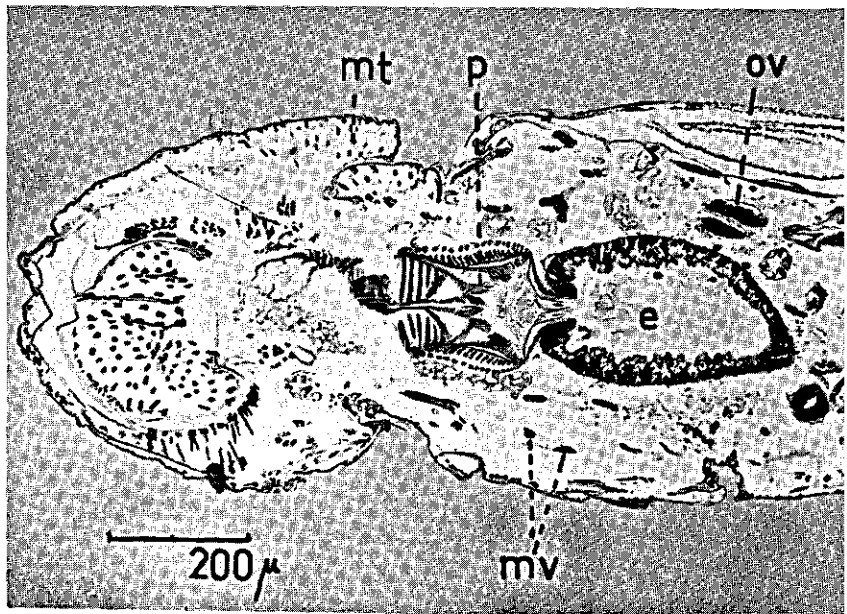


PLANCHE 4. *Stephanoderes hampei* FERR.. Coupe longitudinale et horizontale d'une jeune femelle, sortie de la puppe. Noter les faibles dimensions des muscles fibrillaires (muscles dorso ventraux) *mv* et les ovaires encore peu développés *ov*. *mt* = muscles tubulaires du prothorax et de la tête, *p* = proventricule, *e* = mésentéron.

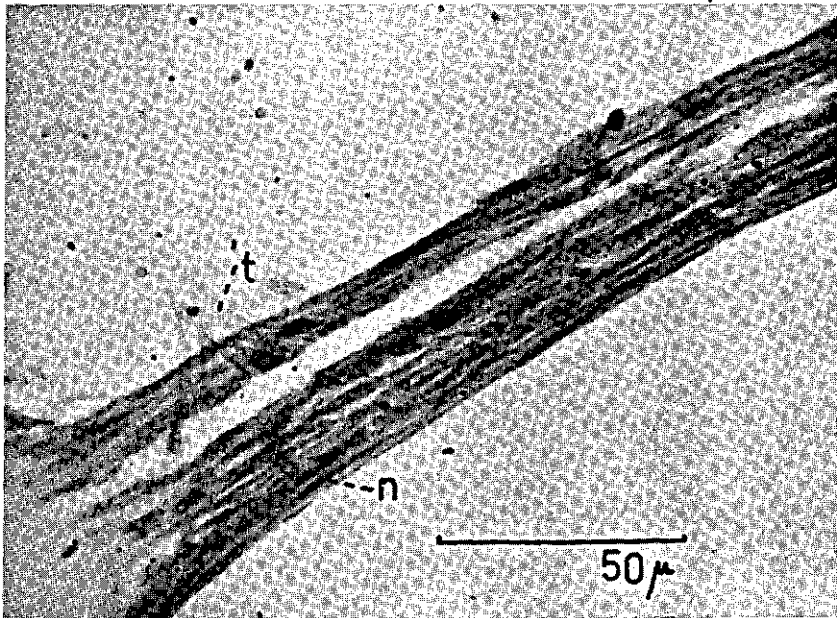


PLANCHE 5. Muscle dorso-longitudinal de la même femelle, près de l'insertion au phragma.
n = noyaux, *t* = trachée.

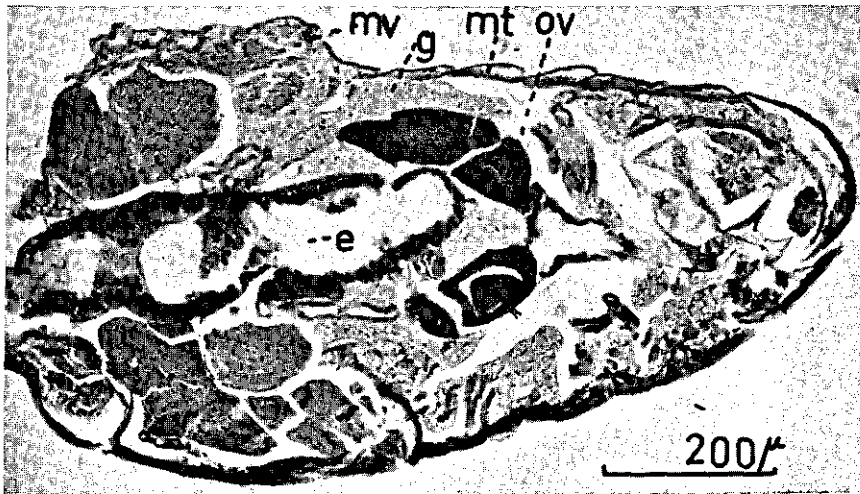


PLANCHE 6. Coupe longitudinale et oblique d'une jeune femelle prête à sortir de la cerise.
mv = la masse des muscles fibrillaires, *g* = tissu adipeux, *mt* = muscles tubulaires des tergites, *ov* = ovaires, *e* = mésentéron.

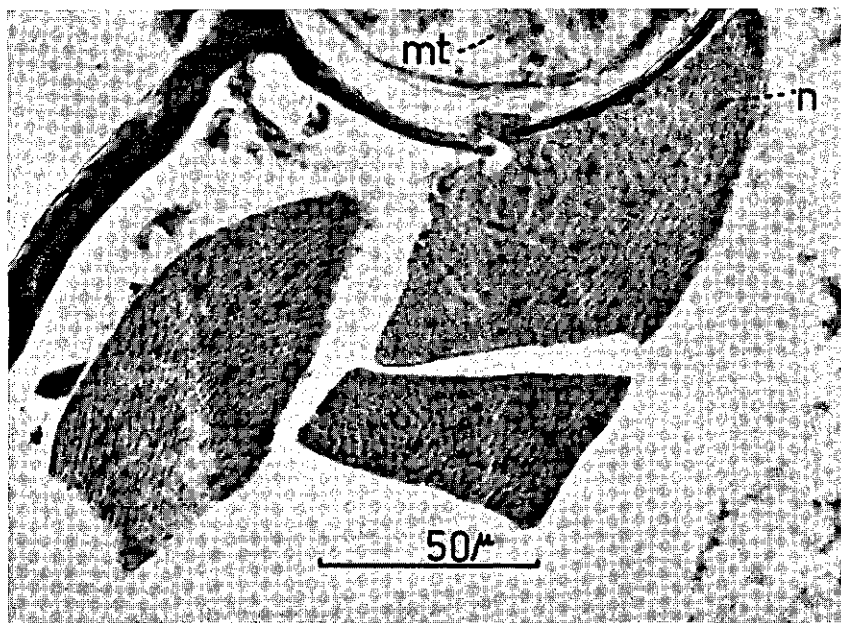


PLANCHE 7. Coupe transversale des muscles dorso-ventraux d'une femelle identique. *n* = noyaux musculaires, *mt* = muscles tubulaires du coxa.

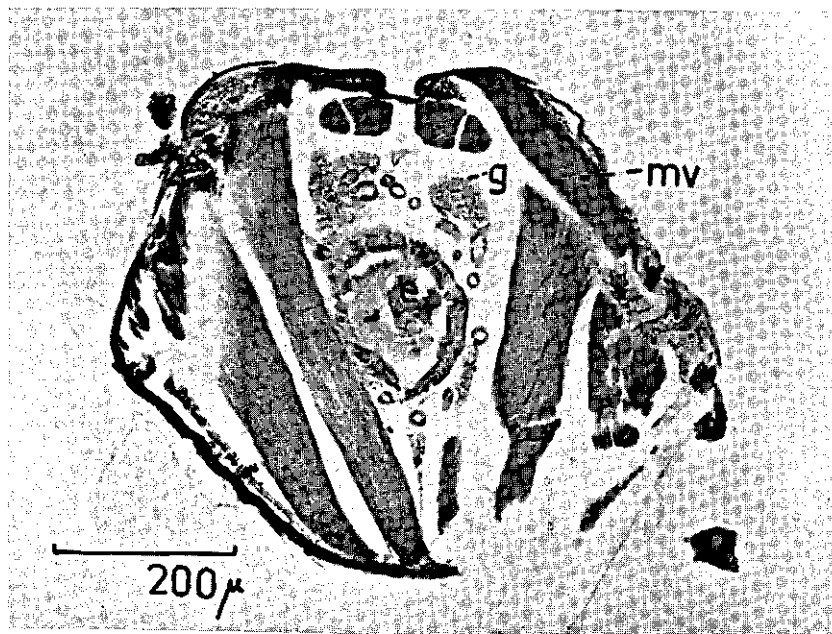


PLANCHE 8. Coupe transversale d'une femelle identique. Les muscles dorso-ventraux et dorso-pleuraux *mv* sont coupés longitudinalement, les muscles dorsaux-longitudinaux, au-dessus des lobes du tissu adipeux *g*, sont coupés transversalement. *e* = mésentéron.

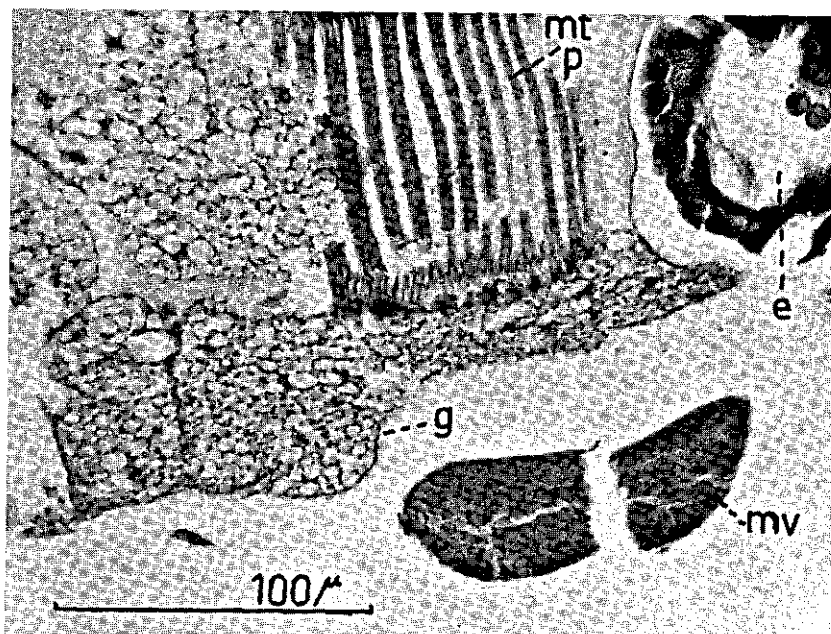


PLANCHE 9. Corps gras d'une femelle identique. Noter l'absence de cellules particulières dans le corps gras *g*. *mtp* = muscles tubulaires du proventricule, *mv* = muscle dorso-ventral, *e* = mésentéron.

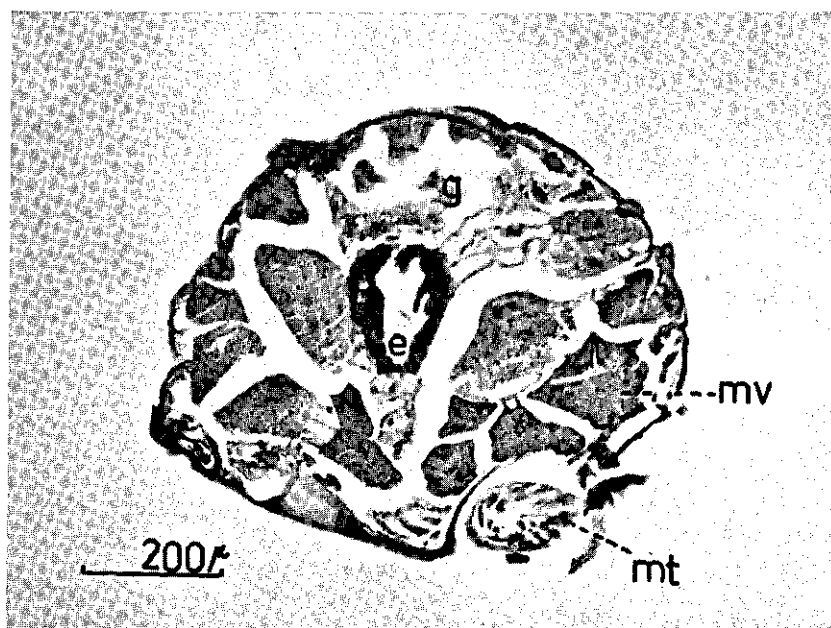


PLANCHE 10. Coupe transversale d'une femelle dont les muscles sont au début de leur dégénérescence. Noter les concentrations, à l'intérieur des muscles fibrillaires *mv*, d'une substance fortement colorée à l'hématoxyline. *mt* = muscles tubulaires du coxa, *g* = tissu adipeux, *e* = mésentéron.

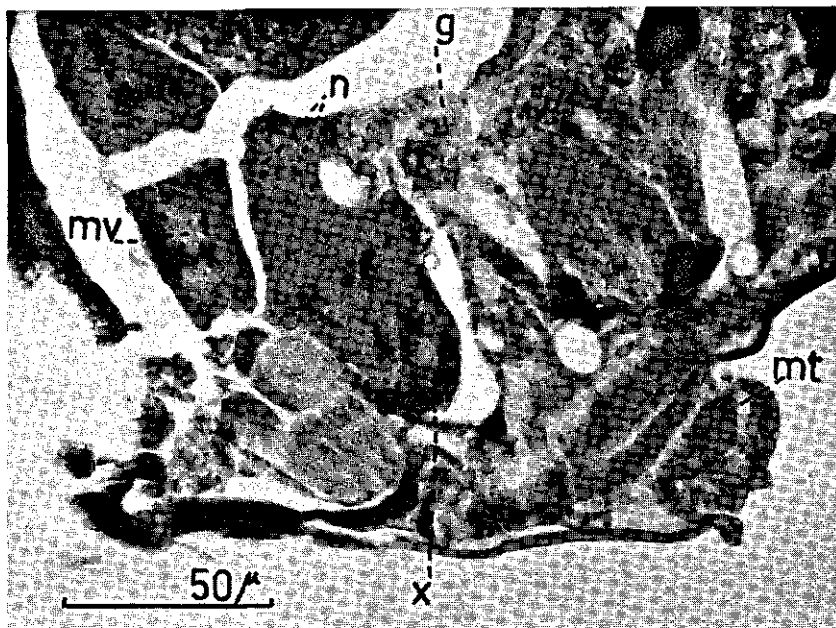


PLANCHE 11. Idem, *mv* = muscles fibrillaires, *x* = substance fortement colorée à l'hématoxyline, *n* = noyaux musculaires, *g* = tissu adipeux avec cellules à gros noyau, *mt* = muscles tubulaires.

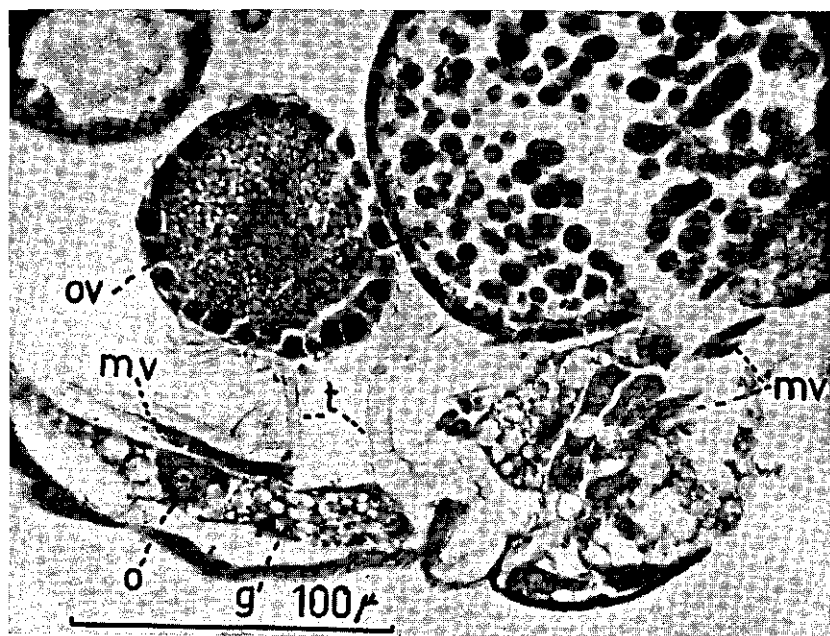


PLANCHE 12. Coupe transversale d'une femelle établie dans sa galerie depuis 15 jours. Muscles fibrillaires dégénérés *mv*, à côté desquels se trouvent des cellules éosinophiles à gros noyau *o*, incluses dans le corps gras *g'*. *t* = trachées, *ov* = oeufs en voie de développement.

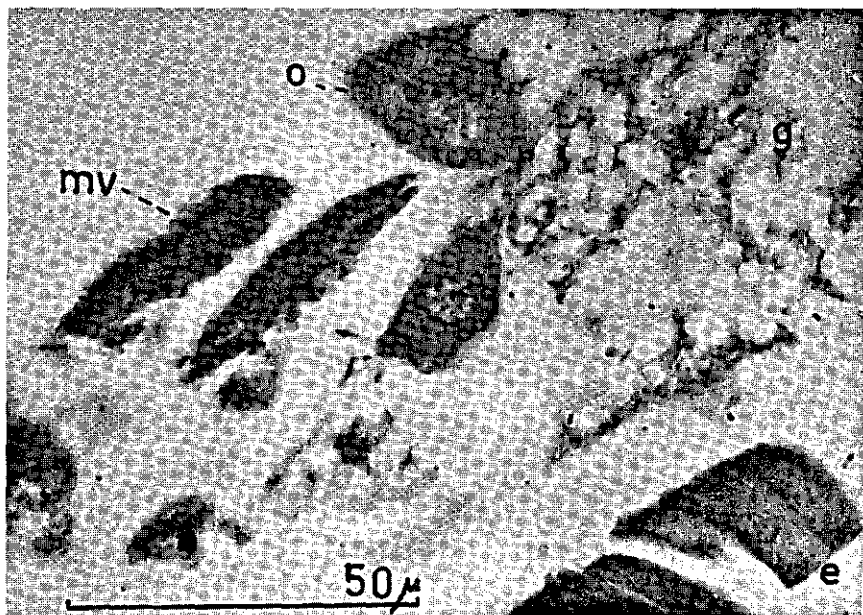


PLANCHE 13. Détail de la même femelle. *mv* = muscles de vol dégénérés, *o* = cellules éosinophiles, *g* = corps gras, *e* = mésentéron.