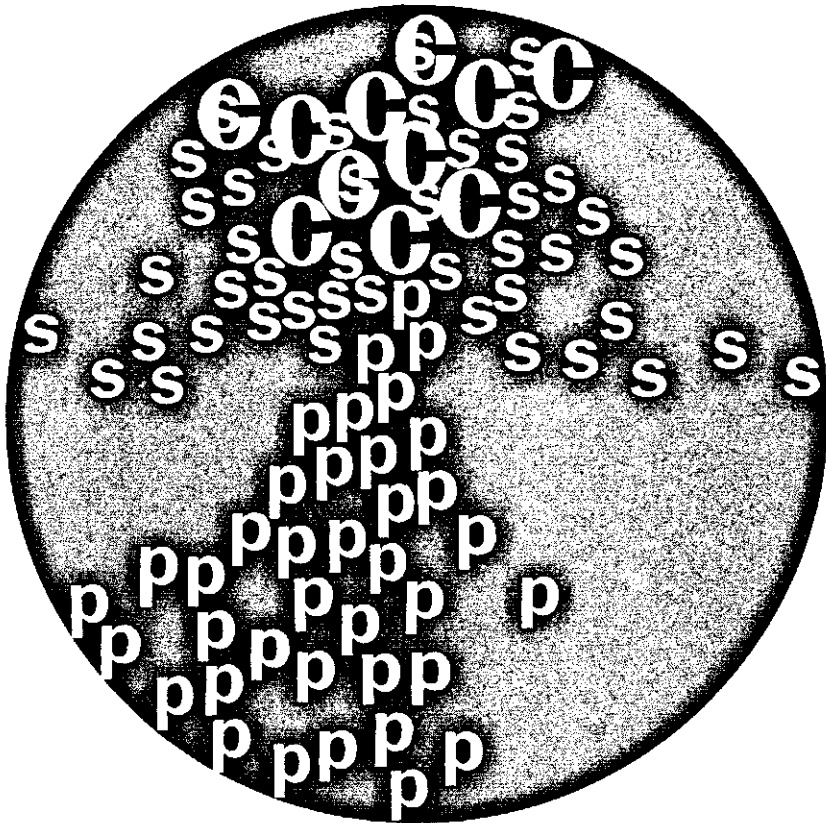


ABONDANCE DE *HYPOTHENEMUS HAMPEI*
FERR., SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ,
EN FONCTION DE SA PLANTE-HÔTE
ET DE SON PARASITE *CEPHALONOMIA*
STEPHANODERIS BETREM, EN
CÔTE D'IVOIRE



V. J. M. KOCH

ABONDANCE DE *HYPOTHENEMUS HAMPEI* FERR.,
SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ, EN FONCTION DE SA
PLANTE-HÔTE ET DE SON PARASITE *CEPHALONOMIA*
STEPHANODERIS BETREM, EN CÔTE D'IVOIRE

Dit proefschrift met stellingen van

VICTOR JOHANNES MARIE KOCH

landbouwkundig ingenieur, geboren te Meerssen (L) op 13 mei 1938, is goedgekeurd door de promotor Dr. J. DE WILDE, hoogleraar in het Dierkundig deel van de Planteziektenkunde.

De Rector Magnificus van de Landbouwhogeschool,
H. A. LENIGER

Wageningen, 6 november 1973

V. J. M. KOCH

ABONDANCE DE *HYPOTHENEMUS HAMPEI*
FERR., SCOLYTE DES GRAINES DE CAFÉ,
EN FONCTION DE SA PLANTE-HÔTE
ET DE SON PARASITE *CEPHALONOMIA*
STEPHANODERIS BETREM, EN
CÔTE D'IVOIRE

With an English summary
met een samenvatting in het Nederlands

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWWETENSCHAPPEN
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
PROF. DR. IR. H. A. LENIGER, HOGLERAAR IN DE TECHNOLOGIE,
IN HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN
OP WOENSDAG 19 DECEMBER 1973 DES NAMIDDAGS TE VIER UUR
IN DE AULA
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN

THÈSE

PRÉSENTÉE À L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE, WAGENINGEN
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES AGRONOMIQUES PAR

VICTOR JOHANNES MARIE KOCH

Cette thèse est aussi publiée dans la revue 'Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen'
73-16 (1973)

(Communications de L'Institut National Agronomique, Wageningen, Pays-Bas)

STELLINGEN

I

Genetische variaties binnen de soort *Coffea canephora* Pierre bieden grote mogelijkheden tot het verkrijgen van cultivars die in hoge mate resistent zijn tegen *Hypothenemus hampei* Ferr.

Dit proefschrift

II

Het verschijnsel dat *Cephalonomia stephanoderis* Betrem poppen van zijn waard *Hypothenemus hampei* Ferr. als voeding nodig heeft voor de eirijping, is een belangrijk deel dat het mechanisme dat de synchronisatie met zijn waard regelt.

Dit proefschrift

III

De ongegronde verwachtingen die men koesterde bij de invoering van *Prorops nasuta* Waterst. in Indonesië en Brasilië, waren een gevolg van een onvoldoende kennis omtrent het aandeel dat deze parasiet heeft in het mechanisme van de aantalsregulatie van zijn waard.

IV

Opdat selectief werkende pesticiden kunnen concurreren met de breedwerkende, dient de binnenlandse handel van een bestrijdingsmiddel fiscaal belast te worden naar ratio van de breedte van zijn actiespectrum.

V

Toegepaste epidemiologie van plagen kan met vrucht gebruik maken van de methode uit de botanische epidemiologie, waarbij het verloop van de plaag niet wordt uitgedrukt in het verloop van de aantallen plaagindividuen, maar in het verloop van de beschadiging van de waardplantpopulatie.

v.d. Plank, J. E., - 1963: Plant Diseases; Epidemics and control

VI

Concentratie van landbouw op kleine oppervlakken doet het gebruik van bestrijdingsmiddelen per kilogrameindproduct niet verminderen.

VII

'Arabusta'koffie (= kruisingsproduct van *Coffea arabica* en *Coffea canephora*) dient ook in andere landen dan alleen in Ivoorkust te worden getoetst op de gevoeligheid voor de roest *Hemileia vastatrix* Berk & Br..

VIII

De voor het nationaal welzijn der ontwikkelingslanden zo noodzakelijke bescherming van het natuurlijke plantendek, vereist het beschikbaar stellen van zeer goedkope brandstof aan de bevolking.

IX

Het eten met mes en vork doet schade aan een optimale zintuiglijke waarneming van ons voedsel en doet afbreuk aan de sociale functie van de maaltijd.

X

De verdediging van een proefschrift, alsmede die van de stellingen, dient genotuleerd te worden.

Aan hen die geïnteresseerd zijn

Ontwerp omslag: W. Middelplaats

VOORWOORD

De wegen die geleid hebben tot dit proefschrift vinden hun oorsprong in het onderzoek dat Professor W. ROEPKE verrichtte op de koffiebossenboeek in het toenmalige Nederlands-Indië kort na de eeuwwisseling. Zijn werk werd voortgezet in de jaren twintig door S. LEEFMANS, bij wie de biologische bestrijding een grote belangstelling genoot. Dat laatstgenoemde toegepast-entomoloog een leermeester is geweest van Professor J. DE WILDE, is wellicht een verklaring voor de onderwerpen die deze hoogleraar aan drie van zijn leerlingen meegaf ter bestudering in Ivoorkust.

Hooggeleerde DE WILDE, voor de kennis van de entomologie die U mij met Uw liefde voor het vak en met didactische gave hebt overgedragen en voor het vertrouwen dat U in mij stelde bij de uitzending naar Ivoorkust, zeg ik U oprecht dank. U heeft mij in de gelegenheid gesteld om door middel van dit proefschrift uiting te geven aan de gevoelens van grote dankbaarheid die ik verschuldigd ben aan mijn ouders en familieleden, die zich veel opoffering hebben getroost om mijn studie aan de Landbouwhogeschool mogelijk te maken.

Het BESTUUR VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL stelde mij de middelen ter beschikking om in Ivoorkust te werken en het OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE D'OUTRE-MER bood mij gedurende vier jaar gastvrijheid binnen haar laboratoria. Voor deze geboden mogelijkheden ben ik genoemde instellingen zeer dankbaar. De uitvoering van mijn opdracht zoals die hier wordt gepresenteerd zou niet mogelijk zijn geweest, wanneer ik niet de beschikking had gekregen over de proefpercelen van het I.F.C.C. te Divo. De directie en medewerkers van dit instituut ben ik daarom zeer verplicht voor hun spontane medewerking. Bijzondere dank ben ik verschuldigd aan DR. J. ZADOKS voor zijn suggesties bij de uitwerking van mijn gegevens.

Veel hulp en interesse ondervond ik van de heren R. RABBINGE, D. VAN DER BEEK, O. BRUINSMA en A. VAN HUIS tijdens hun praktijktijd. Hiervoor ben ik hen zeer dankbaar. De franse tekst werd gecorrigeerd door Mll. Dr. J. NAISSE en de heer P. VAN DYCK; hun opmerkingen waren mij zeer welkom. De heren C. NETSCHER en J. RIGG ben ik zeer erkentelijk voor hun bijdrage in de vertaling van de samenvatting in het engels. MEVR. G. DE WILDE-VAN BUUL dank ik voor haar correctie van de samenvatting in het nederlands. De tekeningen en foto's werden verzorgd door resp. de heer W. MIDDELPLAATS en de heer J. BRANGERT.

Tot slot wil ik hier gaarne mijn dank betuigen aan mijn vrouw, die niet alleen door het verzorgen van de franse tekst voor mij van onschatbare waarde is geweest, maar ook door het gemak waarmee ze het leven in de tropen heeft willen aanvaarden, daarmee een klimaat scheppend waarin dit werk kon worden uitgevoerd.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
2. NOMENCLATURE ET TAXONOMIE	2
3. MÉTHODES	3
3.1. Essais sur le terrain	3
3.1.1. Situation locale	3
3.1.2. Plan des essais	4
3.1.3. Méthodes d'échantillonnage	4
3.2. Examen des cerises au laboratoire	6
4. PLANTE-HÔTE <i>COFFEA CANEPHORA</i> PIERRE	7
4.1. Variétés de caféiers	7
4.2. Maturation des cerises	7
4.3. Etat des cerises après la maturation	10
5. INSECTE NUISIBLE <i>HYPOTHENEMUS HAMPEI</i> FERR., ET LA RELATION AVEC SA PLANTE-HÔTE	12
5.1. Cycle évolutif	12
5.2. Multiplication dans les graines de café	12
5.3. Attaque des cerises	13
5.3.1. Introduction	13
5.3.2. Tests de sensibilité à l'attaque	14
5.3.2.1. Tests polycycliques	14
5.3.2.1.1. Méthode	14
5.3.2.1.2. Sensibilité des variétés	16
5.3.2.1.3. Sensibilité en fonction des traitements	18
5.3.2.1.4. Sensibilité saisonnière	18
5.3.2.2. Tests monocycliques	20
5.3.2.2.1. Introduction	20
5.3.2.2.2. Répartition des groupes d'âge du scolyte dans les cerises	21
5.3.2.2.3. Sortie des adultes de <i>H. hampei</i> des cerises attaquées	25
5.3.2.2.4. Résumé des tests monocycliques	27
5.3.2.3. Comparaison des tests polycycliques et monocycliques	27
6. PARASITE <i>CEPHALONOMIA STEPHANODERIS</i> BETREM; BIONOMIE ET COMPORTEMENT	30
6.1. Introduction	30
6.2. Distribution géographique	30
6.3. Méthodes d'élevage	31
6.4. Reproduction	31
6.4.1. Taux sexuel	31
6.4.2. Maturation sexuelle des femelles	32
6.4.3. Fécondité	33
6.5. Action prédatrice et parasitaire	33
6.5.1. Introduction	33
6.5.2. Essais 'in vitro'	33
6.5.2.1. Introduction	33
6.5.2.2. Essai 1	36
6.5.2.3. Essai 2	36

6.5.3.	Essais avec des cerises attaquées	40
6.5.3.1.	Introduction	40
6.5.3.2.	Essai 1	41
6.5.3.3.	Essai 2	41
6.5.3.4.	Essai 3	41
6.5.3.5.	Discussion des résultats	41
6.5.4.	Influence de la température	46
6.6.	Motilité du parasite	46
6.7.	Longévité de l'adulte	48
6.8.	Durée du cycle évolutif	50
7.	ABONDANCE DE L'INSECTE NUISIBLE EN FONCTION DE SON PARASITE	52
7.1.	Populations dans les parcelles non récoltées	52
7.2.	Populations pendant l'intercampagne	53
7.3.	Mortalité des scolytes	54
7.4.	Effet du parasite sur la population des scolytes	58
7.4.1.	Méthodes	58
7.4.2.	Discussion	60
8.	DISCUSSION GÉNÉRALE	61
9.	RÉSUMÉ	63
10.	SUMMARY	65
11.	SAMENVATTING	67
12.	REMERCIEMENTS	70
13.	BIBLIOGRAPHIE	71
APPENDICE I	73
APPENDICE II	79

1. INTRODUCTION

Beaucoup de recherches ont été faites sur les ennemis naturels du scolyte des graines de café, *Hypothenemus hampei* Ferr. dans son territoire africain, et sur l'importance éventuelle de certains éléments pour la lutte biologique contre le scolyte dans les plantations de caféiers. Il s'agit surtout de *Prorops nasuta* Waterst. (FRIEDERICHS, 1925; HARGREAVES, 1926; DE TOLEDO, 1942 et SCHMITZ, 1957) et de *Heterospilus coffeicola* Schmied (DE TOLEDO PIZA ET PINTO DA FONSECA, 1935), dont, il faut l'admettre, les expériences n'ont pas été honorées d'un succès pratique.

En 1960, TICHELER a découvert *Cephalonomia stephanoderis* Betrem en Côte d'Ivoire. Ce parasite hyménoptère (Bethyilidae) parut avoir des possibilités intéressantes pour la lutte biologique, d'une part parce que le taux du parasitisme pouvait être très élevé et d'autre part parce que l'activité prédatrice de *C. stephanoderis* sur *H. hampei* semblait être considérable. Le but de nos recherches était d'examiner en premier lieu, à quel point ces deux facteurs s'influencent mutuellement.

En vue d'utiliser *C. stephanoderis* dans une lutte biologique, il était indispensable de mieux comprendre et de définir plus exactement les relations existant entre le parasite hyménoptère et son hôte, le scolyte *H. hampei*. De plus, il convenait, pour apprécier l'influence de *C. stephanoderis* sur les populations de scolytes, d'étudier d'une façon plus précise le pourcentage d'attaques des cerises du caféier par ces derniers, et cela dans des conditions expérimentales bien déterminées.

Cependant, TICHELER (1961) a montré que l'attaque des cerises dans sa plantation expérimentale s'expliquait en fonction de la densité de la population de *H. hampei* et que quelques facteurs tels que la maturité des cerises et la couleur sont très importants du fait qu'ils déterminent la sensibilité à l'attaque du scolyte des graines de café. LEEFMANS (1923) et FRIEDERICHS (1924) ont attiré l'attention sur la différence de sensibilité entre différentes variétés de café. PORTÈRES (1959) a signalé également une différence de sensibilité à l'attaque des scolytes chez des variétés différentes de café. Selon lui, en Côte d'Ivoire, la variété Kouilou était plus sensible que les variétés de Robusta.

Dans nos parcelles expérimentales, nous avons eu la possibilité de suivre la progression de l'attaque par les scolytes dans trois variétés de café et dans des conditions comparables. C'est avec ces trois variétés que nous avons fait des recherches sur les relations entre le scolyte et sa plante-hôte d'une part, et entre le scolyte et son parasite d'autre part.

Dans le présent travail, nous emploierons le terme 'parasite' pour l'insecte entomophage étudié ici, le terme 'hôte' pour l'insecte phytophage et le terme 'plante-hôte' pour la plante dont ce dernier se nourrit.

2. NOMENCLATURE ET TAXONOMIE

BROWNE (1963) a démontré que le genre *Hypothenemus* (WESTWOOD, 1834) est identique au genre *Stephanoderes* (EICHHOFF, 1871). La caractéristique (le nombre de segments du funicule de l'antenne) sur laquelle la différence entre ces deux genres serait fondée ne s'avérait pas valable. Après l'article de BROWNE, la confusion autour de la taxonomie du scolyte des graines de café semble être terminée. Dans les articles de l'entomologie appliquée on accepte aussi de plus en plus le nom *Hypothenemus hampei* Ferr, au lieu de son synonyme *Stephanoderes hampei* et nous emploierons également le nom *Hypothenemus hampei* par la suite.

La position systématique de ce scolyte est la suivante:

- Ordre: Coleoptera: division Polyphaga.
- Sous-ordre: Rhynchophora.
- Super-famille: Scolytoidea.
- Famille: Scolytidae.
- Sous-famille: Ipinae.

Synonymie: (voir la bibliographie de DE OLIVEIRA FILHO, 1927).

- Stephanoderes coffeae* - HAGENDOORN, 1920.
- Xyleborus coffeivorus* - VAN DER WEELE, 1910.
- Xyleborus coffeicola* - CAMPOS NOVAES, 1922.
- Stephanoderes hampei* - FERRARI, 1867.

Noms populaires:

- Scolyte des graines de café - français.
- Koffiebessenboorder (-boeboek) - néerlandais.
- Coffee berry borer - anglais.
- Broca do café - portugais.
- Escolitido de los granos de café - espagnol.

Le parasite *Cephalonomia stephanoderis* qui a été découvert en Côte d'Ivoire en 1960 fut décrit par BETREM (1961) et sa position systématique est la suivante:

- Ordre: Hymenoptera.
- Sous-ordre: Apocrita.
- Super-famille: Bethyloidea.
- Famille: Bethyridae.

3. MÉTHODES

3.1. ESSAIS SUR LE TERRAIN

3.1.1. Situation locale

Toutes nos expériences faites dans la nature se sont réalisées en Côte d'Ivoire dans des parcelles expérimentales de l'I.F.C.C. situées à 13 km de Divo à une altitude de 140 mètres. Les trois parcelles, sans l'ombre d'un arbre, et entourées de forêts denses, étaient séparées l'une de l'autre par un sentier. Les essais se sont faits durant deux saisons de café pendant la période de juin 1970 jusqu'à

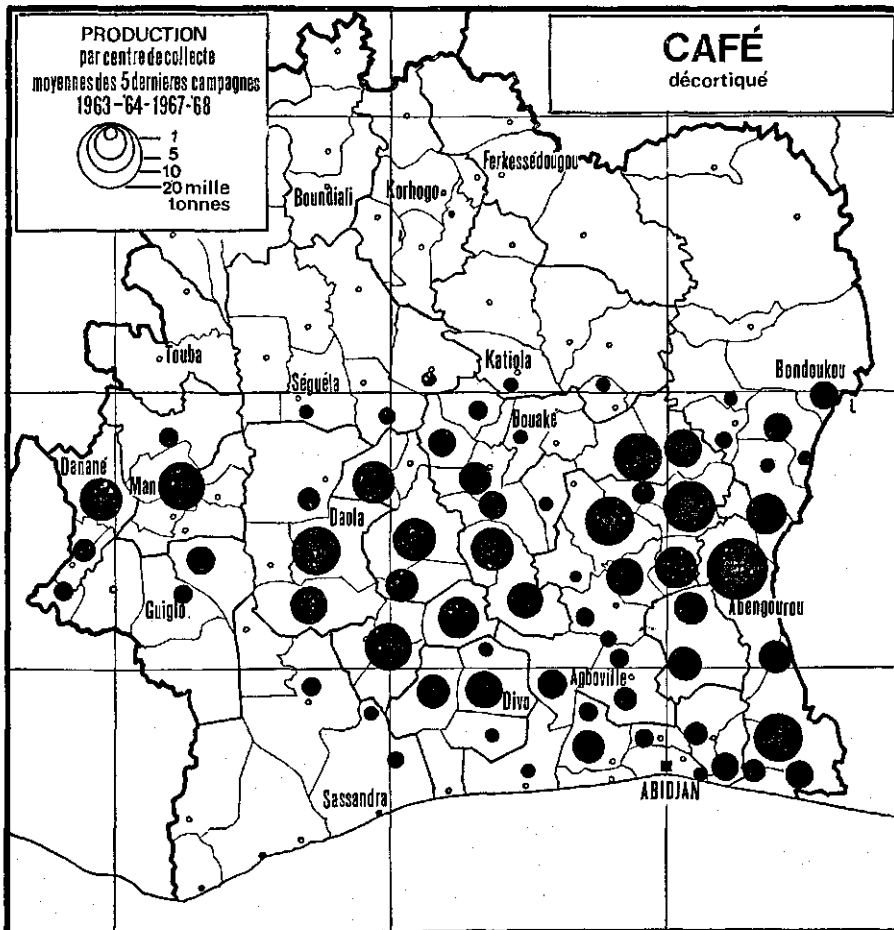


FIG. 1. Distribution de la production du café en Côte d'Ivoire. (Atlas de la Côte d'Ivoire, 1972).

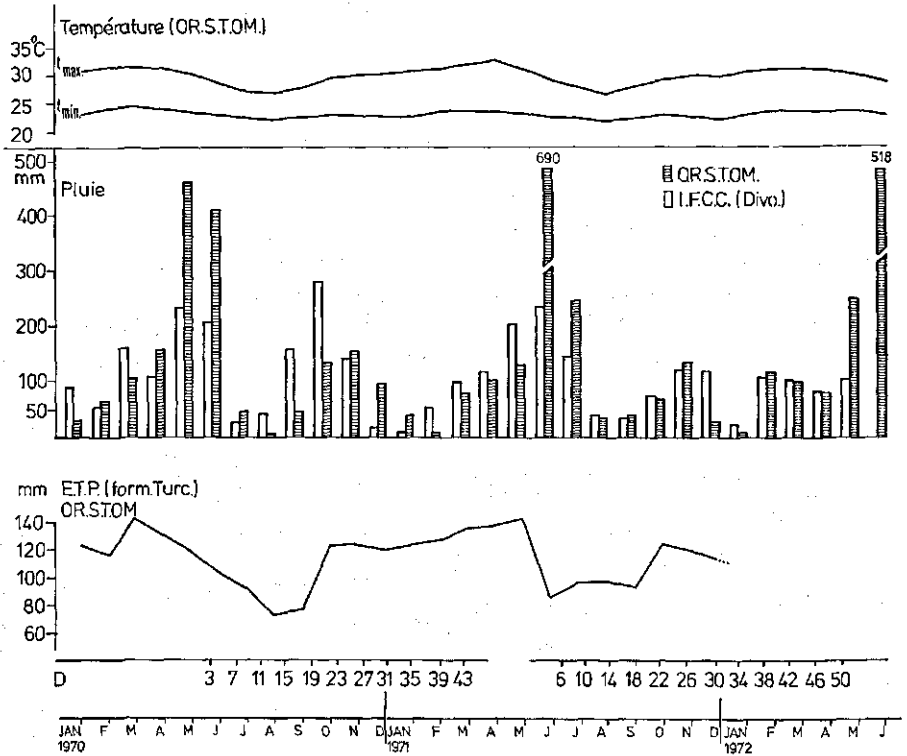


FIG. 2. Données météorologiques (Température, Pluie et Erapotranspiration Potentielle).

mai 1972. Les données climatologiques sont incomplètes car il n'existe pas de station météorologique sur place. C'est pourquoi nous avons ajouté des observations météorologiques de la station d'O.R.S.T.O.M. près d'Abidjan.

3.1.2. Plans des essais

Chacune des trois parcelles était divisée en trois parties: deux parties de quatre lignes et une partie de seize lignes. Dans une partie de quatre lignes, située au bord de la parcelle, nous avons fait une récolte de cerises mûres tous les quinze jours pendant toute la saison de café (traitement T_2). Dans l'autre partie de quatre lignes à côté de T_2 , la récolte de cerises mûres a eu lieu toutes les quatre semaines (traitement T_4) et dans le reste de la parcelle nous avons pris uniquement des échantillons (traitement T_0). La récolte de chaque traitement a été pesée avant de prendre des échantillons.

3.1.3. Méthodes d'échantillonnage

Afin d'avoir un échantillon représentatif de toute la récolte des traitements T_2 et T_4 , un appareil d'échantillonnage a été construit selon le modèle de HOWE (1963) adapté aux cerises de café. (voir planche 1). Toute la récolte d'un traite-



Planche 1a

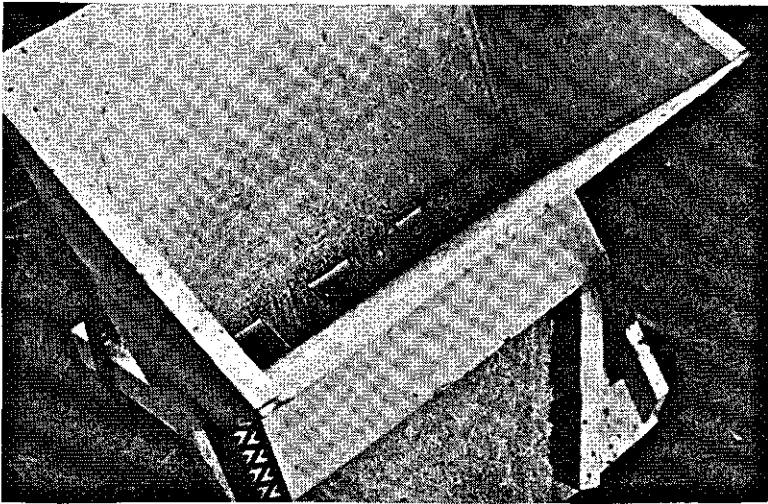


Planche 1b

PLANCHE 1a et 1b. Appareil d'échantillonnage des cerises récoltées.

Meded. Landbouwhogeschool Wageningen 73-16 (1973)

ment passait plusieurs fois par cet appareil. Pendant chaque passage la quantité de cerises était divisée en deux de sorte que chaque cerise avait la même chance d'appartenir à l'une ou à l'autre partie. Une des deux parties obtenue par ce passage passait de nouveau par l'appareil. En continuant ce procédé, on arrivait à une quantité de cerises maniable et quand même représentative pour le total des cerises récoltées du traitement.

Pour l'échantillonnage de la partie T₀ des parcelles, nous avons subdivisé la partie en quinze blocs de vingt arbustes. Tous les quinze jours, nous avons échantillonné un arbuste dans tous les blocs de sorte que nous avons cueilli toutes les cerises présentes sur quelques branches situées à des côtés différents des arbres. La récolte ainsi faite passait également par l'appareil d'échantillonnage afin d'avoir un échantillon représentatif pour tout le traitement T₀.

3.2. EXAMEN DES CERISES AU LABORATOIRE.

Les échantillons obtenus de la manière décrite ci-haut ont été examinés au laboratoire. Là, nous avons calculé le nombre de cerises par kilogramme et établi le pourcentage de cerises attaquées par des scolytes. (Les cerises attaquées sont reconnaissables par le trou d'entrée).

Des cerises attaquées, nous avons pris un échantillon de trente cerises rouges et de trente cerises noires. Chacune de ces cerises était ouverte et le nombre d'oeufs, larves, nymphes, adultes vivants et adultes morts de *H. hampei* était compté.

En même temps, nous avons établi le pourcentage de cerises attaquées qui contenaient des traces de *C. stephanoderis* ainsi que les stades de la descendance du parasite.

4. PLANTE-HÔTE: *COFFEA CANEPHORA* PIERRE

4.1. VARIÉTÉS DE CAFÉIERS

Chacune des trois parcelles de 132 mètres carrés a été plantée en 1964 d'une population variétale différente de *Coffea canephora*:

- parcelle I de Robusta INEAC
- II de Robusta Ebobo
- III de Kouilou (syn.: Quoillou)

La différence entre les variétés s'impose surtout par la période de la maturation des cerises, qui pour la variété Kouilou est très précoce par rapport aux deux variétés Robusta. Ensuite il y a une différence notable entre les cerises des variétés qui sont dans le même stade de maturité. Bien que les cerises rouges de Kouilou soient plus petites et moins lourdes que celles des variétés Robusta, il est remarquable que le poids des parches (graines dans l'endocarpe) séchées ne soit pas inférieur, ce qui s'explique par l'épaisseur de la pulpe. Celle-ci est la plus mince chez les cerises de Kouilou.

TABLEAU 1. Poids de 100 cerises rouges et de 100 parches séchées de trois variétés de café différentes.

	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
Poids de 100 cerises rouges	105,3 gr.	97,1	83,3
Poids de 100 parches séchées	27,0	21,8	25,1

La situation, l'entretien et la répartition des plantes étaient identiques pour les trois parcelles. Chaque parcelle se composait de 24 lignes avec environ 20 pieds. La distance entre les lignes était de 3 mètres. Dans une ligne, les arbustes étaient séparés par une distance de 2 mètres 50. Le sol entre les arbustes était planté de *Pueraria sp.* qu'on a coupé régulièrement.

La taille des arbustes a eu lieu dans la parcelle I en mars 1970, dans la parcelle II en mars 1971 et dans la parcelle III en mars 1970.

4.2. MATURATION DES CERISES

L'attaque des cerises par *H. hampei* se fait principalement au moment où elles sont presque mûres. Lors de cette maturation la couleur change de vert en rouge. Pour savoir comment la maturation des cerises et par conséquent la possibilité d'être attaquées par *H. hampei* se passe dans le temps, nous avons cueilli et compté toutes les cerises mûries (rouges et noires) dans les parties T₂

et T_4 des trois parcelles et cela a été fait tous les quinze jours (T_2) ou toutes les quatre semaines (T_4).

Les courbes indiquant le nombre de cerises mûries en fonction du temps montrent que la maturation se passe selon une distribution symétrique autour d'une certaine date. (Voir appendice I; colonne 4).

Le test de conformité de cette distribution avec une distribution normale au moyen de $\sqrt{b_1}$ et b_2 (SNEDECOR, 1967), montre que la différence n'est pas significative (voir appendice I; colonne 5).

Signalons qu'en Côte d'Ivoire, la floraison et la fructification du caféier sont sporadiques: elles ont lieu après une saison sèche, dès l'apparition des pluies, tandis que la maturation des graines de café, une fois commencée, se poursuit régulièrement. Partant du fait que la maturation des cerises dans une parcelle est normalement distribuée dans le temps, nous pouvons comparer la maturation des trois variétés de café de la manière suivante:

Les nombres cumulatifs de cerises cueillies en fonction du temps révèlent des courbes en formes de S (appendice I; colonne 6 et fig. 3b).

Par approximation, ces courbes peuvent être remplacées par des droites: d'abord nous rendons les nombres cumulatifs en pourcentage des récoltes totales de la saison (appendice I; colonne 7) et nous réduisons ensuite ces pourcentages en valeurs 'probit' (colonne 8). Puis nous traçons en graphique ces valeurs probit en fonction du temps (FINNEY, 1962); Voir figure 3 c.

Ces 'droites-probit' sont donc caractérisées par:

- a) la pente α
- b) la date où la moitié du nombre total des cerises formées dans une saison est déjà mûrie = D_{50} .
- c) le coefficient de corrélation r , de valeurs probit sur le temps.

$\text{tg}\alpha$ = le coefficient de régression linéaire.

$\frac{1}{\text{tg}\alpha}$ = l'écart type de la distribution normale.

α est un critère pour la vitesse de maturation des cerises.

En comparant ces paramètres (appendice I; colonne 8) pour les droites représentant la maturation des cerises des trois variétés, nous concluons que:

- 1° Dans tous les cas, la corrélation entre les valeurs probit et le temps D est très significative ($p \leq 0,05$).
- 2° La pente observée pour une variété ne diffère pas significativement de celle observée pour les autres ($0,100 < p < 0,250$).

Nous pouvons donc admettre que les vitesses de maturation des variétés sont approximativement pareilles.

Les D_{50} diffèrent nettement. Cela signifie que la variété Kouilou a une période de maturation qui précède de 8 à 12 semaines celle des deux variétés Robusta.

FIG. 3a.
Récolte du traitement T₂ de
R. INEAC (surface hachurée:
cerises attaquées).

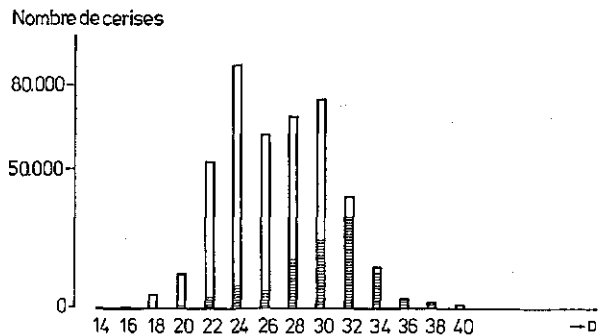


FIG. 3b.
Récolte cumulative

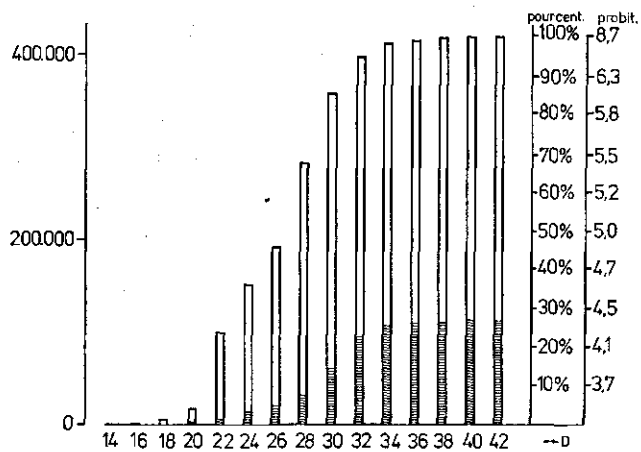
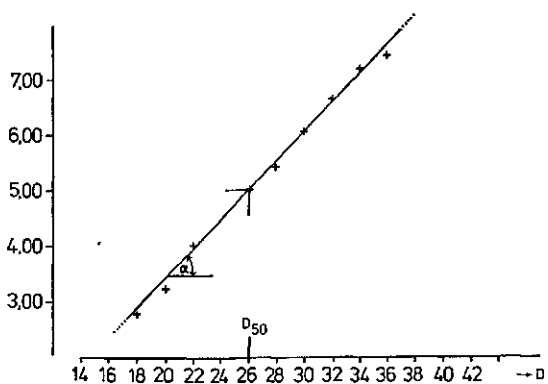


FIG. 3c.
Récolte en valeurs 'Probit'.



4.3. ETAT DES CERISES APRÈS LA MATURATION.

Après être devenues mûres et rouges, les cerises restent encore assez longtemps sur les arbustes. Pendant ce temps, elles se dessèchent; la pulpe ne tarde pas à se noircir et à se racornir. Quelque temps après, les cerises tombent.

Afin d'examiner combien de temps les cerises restent rouges et attachées aux caféiers, nous avons marqué un certain nombre de cerises vertes prises au hasard dans les 3 parcelles. Tous les quinze jours nous avons vérifié si ces cerises étaient encore sur l'arbre et dans ce cas nous avons relevé leur couleur. Voir tableau 2.

Au moyen de cette expérience nous avons calculé que la durée moyenne pendant laquelle les cerises restent rouges est de $4,4 \pm 1,7$ semaines ($p = 0,05$). Il n'y a pas de différence nette entre les trois variétés.

Nous avons également calculé que la durée moyenne après la maturation pendant laquelle les cerises restent sur les caféiers est de $6,3 \pm 2,4$ semaines. Ici il n'y a pas non plus de différence nette entre les trois variétés.

Remarque: Pour repérer les cerises à étudier, nous avons attaché de petites étiquettes au pedoncule des cerises, au moyen d'un fil de coton. A cause de cette méthode qui entraîne le maniement répété des branches de caféiers, il n'est pas improbable que les cerises marquées sont tombées plus vite que les cerises non marquées.

TABLEAU 2. Changement de couleur des cerises mûres et durée pendant laquelle elles restent aux arbuscules après leur maturation.

1 Variété de Café	2 Nombre de cerises marquées au stade vert	3 Couleur après la maturation des cerises de la colonne 2	4 Nombre de cerises (rouges ou noires) encore présent des semaines après que les cerises de la colonne 2 étaient observées pour la dernière fois comme étant vertes					
			0 à 2 sem.	2 à 4 sem.	4 à 6 sem.	6 à 8 sem.	8 à 10 sem.	10 à 12 sem.
R. INEAC	98	Rouge	87	53	15	3	-	-
		Noire	3	22	29	8	1	-
R. Ebobo	195	Rouge	187	118	32	7	-	-
		Noire	5	57	52	24	7	-
Kouilou	253	Rouge	252	140	39	6	-	-
		Noire	-	46	84	68	44	13
Total	546	Rouge	527	311	86	16	-	-
		Noire	8	125	165	100	52	13
Encore présent		total	535	436	251	116	52	13
		%	98%	79,8%	46%	21,1%	9,5%	2,3%

5. INSECTE NUISIBLE: *HYPOTHENEMUS HAMPEI* FERR.

5.1. CYCLE ÉVOLUTIF

Hypothenemus hampei, le scolyte des graines de café, vit uniquement dans les fruits du caféier; la femelle, d'une longueur de 10–12 mm, pénètre dans les baies en y perforant un trou au niveau du disque. Les larves se développent au détriment de la graine de café et atteignent le stade nymphal au bout de 14 jours en moyenne. La pupe, après plus ou moins 5 jours, donne naissance à un adulte.

Les adultes s'accouplent dans la graine même. Après l'accouplement, le mâle meurt tandis que la femelle quitte la cerise. Elle vit environ 60 jours, se déplace par un vol de 345 m au maximum, attaque une nouvelle graine et y pond 30 à 40 oeufs. (LEEFMANS, 1923a; FRIEDERICH, 1924).

5.2. MULTIPLICATION DANS LES GRAINES DE CAFÉ.

A des pots de verre contenant 50 cerises rouges (Robusta) non attaquées, nous avons ajouté 50 scolytes adultes. Au bout d'une semaine \pm 40 cerises attaquées étaient enlevées des différents pots et disséquées. Le contenu en scolytes et la descendance étaient comptés, et pendant 6 semaines consécutives nous avons procédé à un tel comptage.

Le contenu moyen des cerises pendant les semaines suivant la pénétration des scolytes dans les cerises non attaquées figure au tableau 3.

La période où les scolytes peuvent se développer dans une cerise est plus longue dans la nature que dans les cerises gardées dans l'insectarium, car dans ces circonstances-là, elles se dessèchent plus vite. D'autre part, dans la nature, les scolytes pénètrent déjà dans la cerise avant qu'elle ne soit devenue rouge. C'est pourquoi, à l'insectarium, nous n'obtenons qu'une seule génération de

TABLEAU 3. Contenu moyen d'une cerise attaquée dans les semaines suivant la pénétration du scolyte dans la cerise. ($p = 0,05$).

	Nombre de semaines après la pénétration des scolytes dans les cerises					
	1	2	3	4	5	6
Oeufs	7,2 \pm 2,0	4,4 \pm 2,2	4,2 \pm 2,3	—	4,6 \pm 2,1	5,0 \pm 3,6
Larves	0,6 \pm 0,6	3,3 \pm 1,8	12,3 \pm 4,7	5,4 \pm 1,9	5,5 \pm 1,2	5,9 \pm 2,8
Nymphes	—	—	1,7 \pm 1,1	6,0 \pm 1,3	2,4 \pm 1,6	2,2 \pm 1,1
Adultes vivants	1,3 \pm 0,3	1,3 \pm 0,6	2,3 \pm 1,2	8,1 \pm 1,9	13,3 \pm 4,3	13,1 \pm 5,5
Adultes morts	—	—	0,5 \pm 0,5	0,8 \pm 0,4	0,4 \pm 0,3	0,9 \pm 0,6
Total des individus	9,1	9,0	21,0	20,3	26,2	27,1

scolytes dans une cerise, tandis qu'il est de règle que dans la nature deux générations de scolytes s'y développent.

5.3. ATTAQUE DES CERISES

5.3.1. Introduction

Dans la littérature (LEEFMANS, 1923; PORTÈRES, 1959) se trouvent des données sur la résistance de différentes variétés de café contre l'attaque par *H. hampei*. Dans toutes ces données, la variété Kouilou est indiquée comme très sensible. La variété Robusta, par contre, serait moins sensible par rapport à la variété Kouilou. Selon LEEFMANS, on trouve dans l'île de Java (Indonésie), un pourcentage d'attaque de 73% chez Kouilou et de 34% chez Robusta. Nos observations en Côte d'Ivoire cependant montrent le contraire:

TABLEAU 4. Pourcentage d'attaque dans les différents traitements de trois variétés de café pendant deux saisons. (Explication T₂ et T₄ voir page 4.)

Saison Variété	1970-1971				1971-1972					
	R. Ebobo		Kouilou		R. INEAC		R. Ebobo		Kouilou	
Traitement % d'attaque	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄
	44	53	13	16	27	55	43	48	2,5	3,4

Puisque la progression de l'attaque coïncide avec la maturation des cerises et que le nombre de cerises récoltées dans les différentes parcelles n'est pas identique, la donnée du total de cerises attaquées de la saison comme pourcentage du total de cerises cueillies ne permet pas d'avoir une vision intégrale de la sensibilité relative des variétés. Nous avons pu établir le processus de l'attaque des cerises mûres en déterminant le pourcentage d'attaque des cerises obtenues toutes les deux ou quatre semaines.

A l'aide de ce pourcentage d'attaque des cerises récoltées à une certaine date (appendice I; colonne 10) et à l'aide du nombre total des cerises récoltées à la même date (appendice I; colonne 4), nous avons calculé le nombre total des cerises attaquées qui ont été récoltées à cette date. Si on trace un graphique cumulatif des nombres de cerises attaquées, cueillies à des dates successives (appendice I; colonne 11) dans le temps, on obtient des courbes rendant le développement de la population de cerises attaquées.

Ces courbes ont aussi une forme de S, mais à l'encontre des courbes de la maturation des cerises décrites plus haut, ces courbes ne reflètent pas une distribution normale mais sont plutôt des courbes de croissance, puisque les cerises ont été attaquées par des scolytes provenant d'autres cerises, attaquées antérieurement.

Par conséquent, nous ne pouvons pas comparer les courbes de populations

de cerises attaquées les unes avec les autres, comme nous l'avons fait avec les courbes de maturation dans le paragraphe 4.2.

5.3.2. Tests de sensibilité à l'attaque

5.3.2.1. Tests polycycliques

5.3.2.1.1. Méthode

Pour comparer la sensibilité au champ de plusieurs variétés, nous nous servons d'un test qui consiste à comparer les degrés d'attaque dans plusieurs variétés dans des circonstances semblables.

Dans ce test (ZADOKS, 1961), la variété la plus sensible est utilisée comme contrôle sensible. Le degré d'attaque d'une variété moins sensible (= DA(T)) est exprimé en pourcentage du degré d'attaque du contrôle sensible (= DA(S)).

$$\frac{DA(T)}{DA(S)} \times 100\% = RDAP = \text{le degré d'attaque relatif pour cent.}$$

Comme degré d'attaque, nous prenons pour ce test le pourcentage de cerises attaquées de la récolte totale jusqu'à la date incluse (appendice I; colonne 12).

Au cas où l'attaque se fait par plusieurs générations d'insectes nuisibles, de petites différences dans les composantes de sensibilité (voir plus loin) qui sont actives durant les générations successives, peuvent influencer considérablement le degré d'attaque pendant la saison. Il est même possible qu'au cours de la saison il y ait des décalages dans la sensibilité relative des variétés. C'est pourquoi nous avons pris une série de valeurs RDAP pour chaque variété pendant laquelle il y a plusieurs générations de *H. hampei* et par conséquent, notre test est polycyclique (ZADOKS, 1972).

La moyenne des valeurs RDAP d'une variété indique la sensibilité relative de la variété par rapport aux autres pour une saison dans les circonstances données du test (= MRDAP).

Si nous prenons la moyenne des valeurs MRDAP d'une variété provenant de plusieurs tests analogues, nous obtenons l'index de compatibilité de la variété = I_{cv} ($0 \leq I_{cv} \leq 100$).

Cet index indique la sensibilité d'une variété comme pourcentage de la sensibilité d'une variété-standard très sensible, prise en moyenne sur beaucoup de circonstances biotiques et abiotiques.

La variété Kouilou mûrit dans une période nettement antérieure à celle des deux variétés Robusta. En calculant les valeurs RDAP, il ne nous est donc pas possible de comparer les degrés d'attaque enregistrés de plusieurs variétés d'une même date de l'année civile (appendice I; colonne 1), mais nous devons calculer les valeurs RDAP à partir des valeurs DA des phases à peu près analogues de la période de maturation des variétés (appendice I; colonne 3).

Dans le tableau 5 sont recueillies en 10 séries les valeurs DA pour les trois variétés de café sur une période de vingt semaines pendant une ou deux saisons de café. La série avec les valeurs DA de chaque variété est indiquée pour les traitements T_2 et T_4 . La période comprend 8 semaines avant et 12 semaines

TABLEAU 5. Degrés d'attaque (valeurs DA) dans les traitements T₂ et T₄ des variétés R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou à des phases (d) comparables de la maturation des cerises.

d	1970-1971						1971-1972							
	R. Ebobo		Kouilou		d	R. INEAC		R. Ebobo		Kouilou				
	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄		T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄			
1	17,2		17,1		1	11,0		30,1		25,5		10,9		1
2	14,8	21,6	14,1	10,9	2	8,5	16,4	25,0	(25,6)			4,6	2,8	2
3	19,0		12,1		3	7,7		30,8	25,8			2,8		3
4	22,3	28,8	12,8	16,2	4	8,9	14,8	27,2	(26,7)			2,5	1,8	4
5	24,1		11,9		5	9,1		27,7	27,7			1,8		5
6	30,3	42,8	11,8	10,4	6	13,0	26,1	31,2	(35,3)			1,7	2,0	6
7	34,2		11,7		7	17,0		36,5	42,9			1,7		7
8	39,0	49,2	11,8	13,2	8	23,6	53,7	38,3	(44,4)			1,8	2,0	8
9	41,5		12,1		9	26,1		39,6	46,0			1,8		9
10	43,0	53,0	12,4	14,3	10	26,6	54,7	40,8	(46,8)			1,9	2,2	10

après la date D_{50} . Dans toute la période, plus de 90% de toutes les cerises de la saison mûrissent. C'est à partir des données du tableau 5 que nous avons calculé les valeurs RDAP des tableaux 6, 8 et 10.

5.3.2.1.2. Sensibilité des variétés

En comparant les trois variétés de caféiers (R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou) par la méthode décrite plus haute, nous ne pouvons disposer que des données d'une seule saison, à savoir 1971-1972. Pendant cette saison, la variété R. Ebobo est nettement la plus sensible à l'attaque des scolytes, (voir tableau 7; $I_{cv} = 97$), et la variété Kouilou la plus résistante ($I_{cv} = 8$).

Il est vrai que la variété R. INEAC est moins sensible ($I_{cv} = 62$) que R. Ebobo, mais encore très sensible par rapport à la variété Kouilou. Pendant la saison 1970-1971, Kouilou aussi paraît posséder une résistance nettement plus grande contre l'attaque de *H. hampei* que R. Ebobo (tableau 9).

Si nous considérons les valeurs MRDAP, la différence entre R. Ebobo et Kouilou dans la saison 1971-1972 est plus grande que dans la saison 1970-1971. Cela s'explique par le fait que les caféiers ont été taillés avant la saison 1970-1971 dans la parcelle de Kouilou tandis que dans la parcelle de R. Ebobo la taille a eu lieu avant la saison 1971-1972. La taille fait diminuer considé-

TABLEAU 6. Valeurs RDAP et leur moyenne (MRDAP) des variétés R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou dans les traitements T_2 et T_4 (voir page 4).

	(a) 1971-1972 T_2			(b) 1971-1972 T_4				
	d	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou	d	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
	D_{50}	1	36	100	36	1		
	2	34	100	18	2	64	100	11
	3	25	100	9	3			
	4	33	100	9	4	55	100	7
	5	33	100	6	5			
	6	42	100	5	6	74	100	6
	7	46	100	5	7			
	8	62	100	5	8	100	83	4
	9	66	100	4	9			
	10	65	100	5	10	100	86	5
	MRDAP	44	100	10	MRDAP	79	94	7

TABLEAU 7. Valeurs MRDAP et leurs moyennes (I_{cv})

		R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
1971-1972	T_2	44	100	10
	T_4	79	94	7
I_{cv}		62	97	8

TABLEAU 8. Valeurs RDAP et leur moyenne (MRDAP) des variétés R. Ebobo et Kouilou dans les traitements T₂ et T₄. (voir page 4).

(a) 1970-1971 T ₂		(b) 1971-1972 T ₂		(c) 1970-1971 T ₄		(d) 1971-1972 T ₄						
d	R. Ebobo Kouilou	d	R. Ebobo Kouilou	d	R. Ebobo Kouilou	d	R. Ebobo Kouilou					
1	100	1	99	1	100	1	36					
2	100	2	95	2	100	2	18					
3	100	3	64	3	100	3	9					
4	100	4	57	4	100	4	9					
5	100	5	49	5	100	5	6					
6	100	6	39	6	100	6	5					
7	100	7	34	7	100	7	5					
8	100	8	30	8	100	8	5					
9	100	9	29	9	100	9	4					
10	100	10	29	10	100	10	5					
MRDAP		100	52	MRDAP	100	10	MRDAP	100	37	MRDAP	100	7

TABLEAU 9. Valeurs MRDAP de Kouilou par rapport à R. Ebobo et leurs moyennes (I_{cv}) par saison et par traitement.

	T ₂	T ₄	I _{cv}
1970-1971	52	37	44,5
1971-1972	10	7	8,5
I _{cv}	31	22	26,5

ablement le nombre de cerises mûrissant pendant la saison suivante. Le nombre de scolytes venant d'ailleurs ne change guère, de sorte que la possibilité d'un degré d'attaque plus élevé dans la parcelle taillée augmente (TICHELER, 1961). D'ailleurs, R. Ebobo se trouve être le contrôle sensible dans les deux saisons. Les valeurs RDAP et leurs moyennes MRDAP de la variété Kouilou sont donc dans la saison 1970-1971 trop élevées et dans la saison 1971-1972 trop basses.

Aussi le I_{CV} calculé à partir des valeurs MRDAP des deux saisons (tableau 9) est-il un meilleur paramètre de la résistance relative de Kouilou par rapport à R. Ebobo que le I_{CV} d'une seule saison comme dans le tableau 7.

5.3.2.1.3. Sensibilité en fonction des traitements

La méthode du test polycyclique décrite ci-avant nous permet de comparer également l'effet de plusieurs traitements sur l'attaque des cerises du caféier par les scolytes des graines. A cette fin, nous comparons les valeurs DA entre les traitement d'une même variété pendant une ou plusieurs saisons. (voir tableau 10).

On peut prendre la moyenne des valeurs MRDAP des différentes variétés pour obtenir un index (I_{FA}) qui représente la manière dont un traitement favorise l'attaque par les scolytes, par rapport à un autre traitement très favorable à l'attaque, ce dernier étant considéré comme standard (voir tableau 11).

A l'aide des valeurs I_{FA} , nous constatons que, si la récolte se pratique une fois toutes les quatre semaines dans la parcelle T_4 et une fois toutes les deux semaines dans T_2 , l'attaque par *H. hampei* sur les cerises de la variété R. Ebobo diminue nettement. Une plus grande fréquence des récoltes semble avoir un effet moins favorable à l'attaque, surtout pour les variétés R. Ebobo et Kouilou.

Remarque: Nous ne pouvons pas attacher trop de valeur aux I_{FA} 's du tableau 11 puisqu'il faut une série plus ample de données pour pouvoir établir nettement cette différence.

5.3.2.1.4. Sensibilité saisonnière

Au paragraphe 5.3.2.1.3. nous avons mentionné la manière dont la sensibilité dans les traitements est comparable. D'une manière analogue nous pouvons comparer la sensibilité des caféiers dans les différentes saisons.

Dans le paragraphe 5.3.2.1.2. nous avons vu que la taille avait une influence sur le degré d'attaque (DA) de la variété R. Ebobo dans la saison 1971-1972 et sur le degré d'attaque de la variété Kouilou dans la saison 1970-1971.

Ayant seulement des données de deux variétés pendant deux saisons, ces indications ne nous suffisent pas pour aboutir à des indices sûrs indiquant que la sensibilité aux champs est différente pour les saisons (voir tableau 11a). Par conséquent, il ne nous est pas possible d'examiner si la résistance du caféier dans une saison - sans tenir compte de la variété et du traitement - était plus élevée ou plus basse que dans une autre.

TABLEAU 10. Valeurs RDAP et leurs moyennes (MRDAP), des traitements T₂ et T₄ dans les variétés R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou.

(a)		(b)		(c)		(d)		(e)			
R. Ebobo 1970-1971		Kouilou 1970-1971		R. INEAC 1971-1972		R. Ebobo 1971-1972		Kouilou 1971-1972			
d	T ₂	T ₄	d	T ₂	T ₄	d	T ₂	T ₄	d	T ₂	T ₄
2	68	100	2	100	77	2	52	100	1	100	85
4	77	100	4	79	100	4	60	100	3	100	84
6	71	100	6	100	88	6	50	100	5	100	100
8	79	100	8	89	100	8	44	100	7	85	100
10	81	100	10	87	100	10	48	100	9	86	100
MRDAP	75	100	MRDAP	91	93	MRDAP	51	100	MRDAP	94	94
									MRDAP	92	87

TABLEAU 11. a et b. Valeurs MRDAP des traitements T₂ et T₄, et leurs moyennes (I_{FA}), par saison, dans deux variétés. (R. Ebobo et Kouilou).

	(a)		Moyenne
	T ₂	T ₄	
1970-1971	83	96,5	89,75
1971-1972	93	90,5	91,75
I _{FA}	88	93,5	90,75

	(b)		Moyenne
	T ₂	T ₄	
R. Ebobo	84,5	97	90,75
Kouilou	91,5	90	90,75
I _{FA}	88	93,5	90,75

5.3.2.2. Tests monocycliques

5.3.2.2.1. Introduction

Aux paragraphes précédents nous avons examiné comment l'attaque des cerises de café dans une parcelle se développe durant une période de 20 semaines et nous avons pu constater que ce développement n'est pas identique pour les différentes variétés. Le test dont nous nous sommes servi pour comparer les différentes variétés était polycyclique; c.a.d. que nous avons suivi les phases successives de l'attaque sur une période comprenant plusieurs cycles (= générations du scolyte).

Un tel cycle (voir schéma) peut être divisé en deux phases, dont la première (partie gauche du schéma) correspond à la sélection de la plante-hôte par le scolyte (DE WILDE e.a., 1964) et la deuxième (partie droite du schéma) à la croissance et la reproduction du scolyte. Chaque phase se compose de plusieurs étapes.

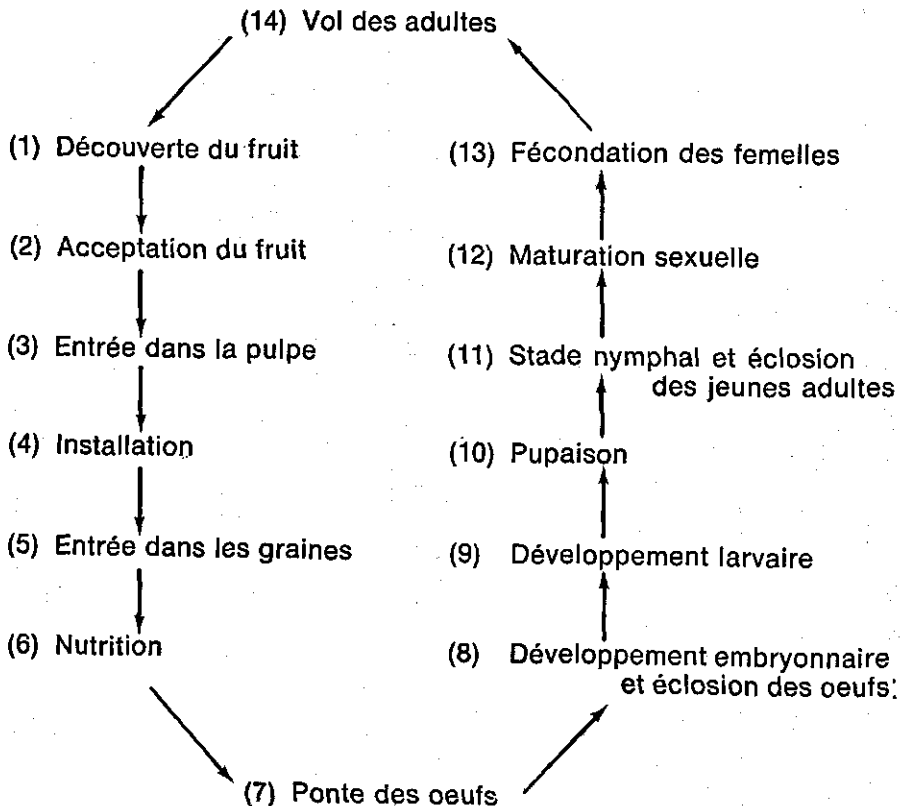


FIG. 4. Schéma d'un cycle d'attaque.

Si une ou plusieurs étapes de ce cycle de l'attaque est favorisée dans une certaine variété de café plus que dans une autre, il peut s'ensuivre qu'une variété se trouve être plus sensible à l'attaque à condition que les autres étapes se passent avec la même intensité dans toutes les variétés.

Quelques uns des facteurs contribuant à la résistance de certaines variétés de café contre l'attaque des scolytes ont déjà été examinés.

a) LEEFMANS (1923) a comparé les pourcentages de cerises attaquées de plusieurs variétés de café avec la descendance des scolytes; en d'autres termes, il a examiné si le résultat des étapes 3 jusqu'à 8 dans le cycle était différent pour plusieurs variétés.

b) TICHELER (1961) a examiné si les différentes formes du disque (proéminent ou aplati) ont une influence sur le degré d'attaque et ainsi il a examiné l'étape 3.

Nous avons fait quelques essais pour examiner l'influence totale d'une variété sur l'ensemble de quelques étapes successives dans le cycle de l'attaque.

Puisque nos examens – ainsi que ceux de LEEFMANS et de TICHELER – ne sont exécutés que sur un seul cycle, ces tests sont, selon la terminologie introduite par ZADOKS (1972), des tests monocycliques.

5.3.2.2.2. Répartition des groupes d'âge du scolyte dans les cerises

De chaque récolte des traitements T_2 et T_4 des 3 parcelles, nous avons pris un échantillon de 30 cerises attaquées et nous en avons compté le nombre d'oeufs, de larves et de nymphes (tableau 12). Ces comptages nous ont permis d'établir le nombre moyen de chacune de ces catégories (voir tableau 13).

En nous limitant au traitement T_2 , nous pouvons conclure que;

- 1° La différence entre le nombre moyen d'oeufs, présents dans les cerises attaquées des trois variétés, n'est pas significative ($t \leq 1,0$; d.l. = 15).
- 2° La différence entre le nombre moyen de larves et de nymphes présentes dans les cerises attaquées de R. INEAC et de R. Ebobo n'est pas significative ($t \leq 0,46$; d.l. = 18).
- 3° La différence entre le nombre moyen de larves et de nymphes se trouvant dans les cerises attaquées de Kouilou et les nombres moyens de R. INEAC et R. Ebobo est par contre significative ($t \geq 2,46$; d.l. = 15).

TABLEAU 12. Contenu moyen de la descendance du scolyte d'une cerise attaquée.

							Robusta										
							T ₂										
							D	O	L	N	AV	AM					
Légende:							17	6,9	9,0	1,0	1,0	-,					
D = date de la récolte des cerises examinées							19	5,6	13,3	4,5	4,4	-,					
O = Oeufs							21	4,3	12,9	3,9	3,2	-,					
L = Larves							23	5,8	13,4	3,8	4,0	-,					
N = Nymphes							25	10,8	9,7	0,5	1,5	-,					
AV = Adultes vivants							27	4,7	11,1	1,5	3,5	-,					
AM = Adultes morts							29	6,8	11,4	4,2	3,8	-,					
T ₂ et T ₄ voir page 4							31	3,0	12,6	6,1	6,2	-,					
							33	3,1	10,4	4,4	6,6	0,3					
							35	5,1	4,1	1,7	3,6	0,8					
								5,6	10,8	3,2	3,8	-,					
1971-																	
Robusta INEAC												Robusta					
T ₂						T ₄						T ₂					
D	O	L	N	AV	AM	D	O	L	N	AV	AM	D	O	L	N	AV	AM
18	3,7	9,9	4,8	5,2	-,	18						18	5,9	12,5	2,9	2,5	-,
20	5,5	7,9	2,8	3,5	-,	20	3,4	9,7	3,0	5,4	-,	20	4,2	13,2	4,5	3,0	-,
22	4,8	10,1	3,1	4,2	0,7	22						22	2,0	7,8	4,5	4,0	0,9
24	6,7	15,6	5,1	3,7	0,6	24	6,9	12,6	4,2	4,9	-,	24	6,8	12,4	3,7	5,0	-,
26	10,0	11,9	2,9	4,4	-,	26						26	7,9	14,4	2,4	2,9	-,
28	6,4	12,3	2,6	5,4	0,6	28	16,4	10,0	1,0	3,2	0,1	28	8,4	11,0	4,7	5,7	0,2
30	9,2	9,5	2,0	2,7	0,5	30						30	6,6	14,1	2,3	3,1	-,
32	4,2	4,5	0,7	2,9	0,2	32	8,2	9,8	1,4	2,9	-,	32	6,3	8,5	1,7	3,4	-,
34	8,5	16,0	2,7	3,7	0,2	34						34	8,2	12,2	2,6	3,1	-,
36	1,5	6,0	2,3	1,7	1,1	36	7,6	10,8	2,7	9,4	0,5	36	1,1	5,1	3,0	3,1	-,
	6,0	10,4	2,9	3,7	0,4		8,5	10,6	2,5	5,2	-,		5,7	11,1	3,2	3,6	-,

1970-1971

Ebobo							Kouilou													
T ₄							T ₂							T ₄						
D	O	L	N	AV	AM		D	O	L	N	AV	AM	D	O	L	N	AV	AM		
17																				
19	6,0	13,6	4,2	4,3	-,-															
21																				
23	10,1	13,0	3,4	3,1	-,-		13	4,4	7,5	0,9	1,1	-,-	13	4,4	7,6	0,9	1,1	-,-		
25							15	3,5	5,6	0,5	1,1	-,-								
27	9,6	20,8	1,6	3,3	0,2		17	4,9	7,8	1,2	1,3	0,1	17	6,5	8,0	0,7	1,5	-,-		
29							19	5,7	12,2	0,9	1,3	-,-								
31	6,9	17,6	6,4	3,2	0,2		21	7,3	6,6	1,1	1,7	-,-	21	6,1	4,7	0,5	1,4	-,-		
33							23	4,8	2,1	-,-	1,1	-,-								
35	3,4	6,9	1,4	2,4	2,5		25	4,8	9,7	1,2	1,9	-,-	25	6,0	12,1	1,5	2,9	-,-		
	7,2	14,4	3,4	4,9	-,-			5,0	7,3	0,8	1,3	-,-		5,7	8,1	0,9	1,7	-,-		

1972

Ebobo							Kouilou													
T ₄							T ₂							T ₄						
D	O	L	N	AV	AM		D	O	L	N	AV	AM	D	O	L	N	AV	AM		
18	5,5	10,3	1,5	4,7	-,-		10						10							
20							12	-,-	6,4	2,5	2,5	-,-	12							
22	1,9	8,3	3,4	4,7	-,-		14	3,0	6,5	1,7	2,8	-,-	14							
24							16	7,0	7,5	-,-	1,5	-,-	16	3,0	4,5	0,5	0,5	-,-		
26	9,9	13,5	4,6	5,3	0,3		18						18							
28							20	4,3	5,6	1,3	2,0	-,-	20	3,6	1,4	0,6	1,0	-,-		
30	9,6	10,0	1,9	3,5	0,0		22						22							
32							24	5,2	10,8	2,5	1,2	-,-	24	3,7	6,4	2,0	0,4	-,-		
34	4,1	17,8	3,8	3,4	0,7		26	5,7	4,4	1,2	2,1	-,-	26							
36							28	8,0	4,5	-,-	1,4	-,-	28	3,8	7,7	0,6	1,9	-,-		
	6,2	12,0	3,0	4,3	-,-			4,7	6,5	1,3	1,9			3,5	5,0	0,9	0,9	-,-		

TABLEAU 13. Nombre moyen d'oeufs, larves, nymphes et adultes vivants dans une cerise attaquée par *H. hampei*.

	1970-1971				1971-1972					
	R. Ebobo		Kouilou		R. INEAC		R. Ebobo		Kouilou	
	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄	T ₂	T ₄
O	5,6	7,2	5,0	5,7	6,0	8,5	5,7	6,2	4,7	3,5
L	10,8	14,4	7,3	8,1	10,4	10,6	11,1	12,0	6,5	5,0
N	3,2	3,4	0,8	0,9	2,9	2,5	3,2	3,0	1,3	0,9
AV	3,8	4,9	1,3	1,7	3,7	5,2	3,6	4,3	1,9	0,9

A la base des données du tableau 13, nous pouvons composer la pyramide des âges de la descendance des scolytes dans les cerises des différentes variétés de café. Les âges sont classés en 3 groupes d'après LEEFMANS (1923a):

Groupe 1: Oeufs; individus de 0 à 6 jours.

Groupe 2: Larves; individus de 7 à 20 jours.

Groupe 3: Nymphes; individus de 21 à 25,5 jours.

Le nombre d'individus d'un groupe de la pyramide correspond au nombre trouvé en moyenne dans une cerise attaquée (fig. 5).

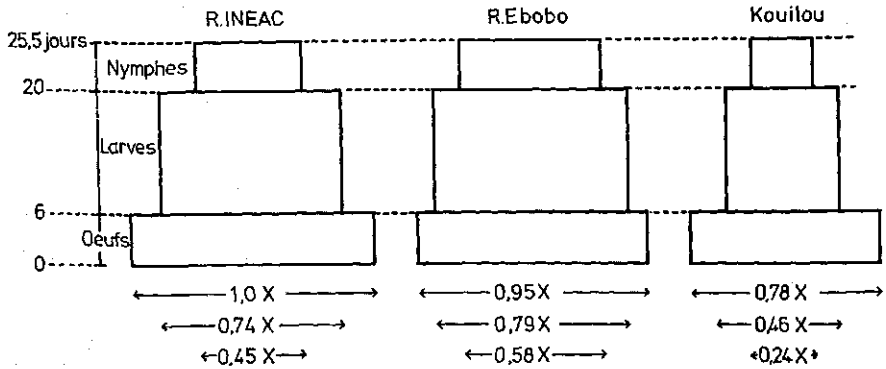


FIG. 5. Pyramides des âges de la descendance de *H. hampei* dans les cerises de trois variétés de café du traitement T₂.

Comme la période d'oviposition des scolytes est très longue (jusqu'à 10 semaines) et que la ponte des oeufs se fait assez régulièrement (SCHMITZ, 1957), le contenu d'une cerise attaquée est assez longtemps constant, (comparez les contenus de T₂ et de T₄) et la pyramide des âges est assez longtemps constante aussi.

Nous pouvons donc comparer les pyramides des âges de la descendance dans les cerises attaquées sous le traitement T₂ appliqué à plusieurs variétés. Nous en concluons que le nombre d'oeufs présents dans une seule cerise ne diffère pas beaucoup pour les 3 variétés et que la chance pour qu'un adulte puisse se former est plus petite dans les cerises de la variété Kouilou que dans celles de la variété Robusta.

Car, à l'aide de ces pyramides, il nous est possible d'évaluer le pourcentage d'oeufs pondus qui deviennent adultes. Nous en venons à cette évaluation en divisant la largeur de la pyramide des âges au sommet par la largeur au pied. Pour la saison 1971-1972, nous trouvons dans les cerises de T₂ des 3 variétés les pourcentages de survie qui figurent au tableau 14.

La différence d'âge des scolytes dans les cerises des variétés différentes s'explique également par le fait que dans les cerises de Kouilou, les stades des larves et des nymphes sont plus courts que dans les cerises de Robusta. Par conséquent, pour la variété Kouilou, la pyramide des âges de la descendance des scolytes devient plus basse et plus large qu'indiquée dans la figure et la différence dans

TABLEAU 14

	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
Evaluation du pourcentage d'oeufs pondus devenant scolytes adultes	45	61	31

la chance de survie d'un oeuf, comme calculée ci-haut, n'existe plus. Cela signifierait que la durée de développement d'une génération du scolyte dans les cerises de Kouilou est plus courte que dans les cerises de Robusta, raison pour laquelle l'attaque dans la parcelle de Kouilou se fait plus rapidement que dans une parcelle de Robusta. Cette conclusion sur la durée d'une génération ne correspond cependant pas avec nos observations.

Une deuxième explication alternative pourrait être que dans les cerises de Kouilou, la population de la descendance des scolytes est encore en train de s'établir.

Cela signifierait, qu'en moyenne, les scolytes dans les cerises attaquées de Kouilou du traitement T_2 ont commencé à pondre plus tard que dans les cerises du traitement T_2 des variétés Robusta.

Si tel était le cas, la répartition des groupes d'âge dans les cerises de Kouilou du traitement T_4 ressemblerait davantage à celle établie dans les cerises de T_2 de Robusta, puisque les scolytes ont été plus longtemps présents dans les cerises de T_4 que dans les cerises de T_2 avant la récolte et la dissection. Or, le tableau 13 montre que cela n'est pas le cas.

Reste comme seule conclusion acceptable que dans les cerises de Kouilou la chance de survie des stades pré-imaginaux est plus petite que dans les cerises de Robusta.

La comparaison des tableaux 3 et 13 nous permet de faire une estimation globale de la période s'étendant entre le moment de l'attaque des cerises et le moment de la récolte.

Ainsi nous évaluons que l'attaque des cerises de T_2 est ancienne de 3 à 4 semaines. Etant donné que les cerises récoltées dans T_2 sont mûres depuis une semaine en moyenne, l'attaque a eu lieu 2 à 3 semaines avant la maturation des cerises.

5.3.2.2.3. Sortie des adultes de *H. hampei* des cerises attaquées

Trente-six cerises rouges étaient triées du traitement T_2 des variétés R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou. Ces cerises étaient mises dans les petits tubes des caisses de capture (voir figure 6). Dans ces caisses, il y a une obscurité quasi totale. Les scolytes sortant de ces cerises sont attirés par la lumière et, en passant par l'entonnoir, ils arrivent dans l'espace en dehors de la caisse où ils étaient capturés.

Durant une période de 80 jours, le nombre de scolytes sortant des cerises attaquées était compté. Après cette période, quand il ne sortait plus de scolytes, nous avons disséqué les cerises et nous en avons compté le nombre de scolytes morts.

Les résultats des trois séries en 5 répétitions de 36 cerises sont reportés au tableau 15.

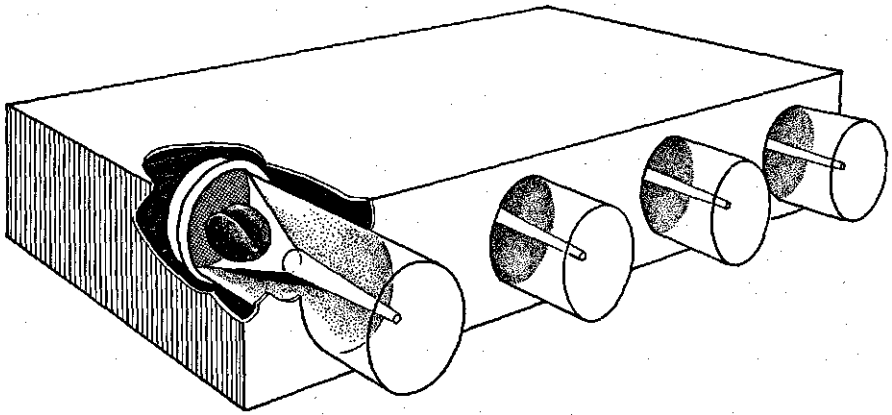


FIG. 6. Caisse de capture.

TABLEAU 15a

Origine des cerises attaquées	Traitement Variété	T ₂		
		R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
Nombre total de cerises examinées		170	168	178
Nombre de cerises d'où sont sortis plus d'un scolyte (cerises scolytées)		136	124	85
Nombre de cerises non scolytées		34	44	93
Nombre total de scolytes sortant des cerises scolytées		1087	937	331
Nombre total de scolytes morts dans les cerises scolytées		991	833	432
Nombre total de scolytes formés dans les cerises scolytées		2078	1770	763

TABLEAU 15a et b. Sortie et mortalité des scolytes formés dans les cerises attaquées sur le terrain.

Origine des cerises attaquées	Traitement Variété	T ₂		
		R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou
Nombre total de cerises examinées		170	168	178
Pourcentage de cerises scolytées		80,0 ± 3,9 t = 1,3	73,8 ± 8,7 d.l. = 8	47,7 ± 15,8 t = 2,83*** d.l. = 8
Nombre moyen de scolytes sortant d'une cerise scolytée		7,9 ± 3,0 t = 0,27	7,5 ± 1,3 d.l. = 8	3,8 ± 1,7 t = 3,40*** d.l. = 8
Mortalité des scolytes dans les cerises scolytées		48,5% ± 3,8 t = 0,42	47,4% ± 3,3 d.l. = 8	56,1% ± 1,5 t = 4,16**** d.l. = 8

5.3.2.2.4. Résumé des tests monocycliques

Par les tests monocycliques de sensibilité nous avons voulu voir si les différentes étapes de développement des scolytes s'effectuaient de la même manière dans les diverses variétés de café.

Nous pouvons en résumer les résultats comme suit:

De la même manière utilisée pour les tests polycycliques, nous prendrons dans ce cas-ci également la variété sur laquelle la contribution d'une ou plusieurs étapes (composantes de sensibilité) dans l'infestation totale a le plus d'effet (augmentation de la sensibilité) comme standard sensible. L'effet que cette composante possède dans les autres variétés (E(T)) est exprimé comme fraction de l'effet dans le standard (E(S)).

$$\frac{E(T)}{E(S)} = RE = \text{effet relatif d'une composante.}$$

Les valeurs RE des composantes de sensibilité, se rapportant à des étapes différentes dans le cycle de l'attaque, peuvent être réunies dans un index de sensibilité relative des variétés dans les tests monocycliques, (I_{MV}), en multipliant par variété les valeurs RE des étapes successives du cycle d'attaque.

Par nos observations nous obtenons ces valeurs I_{MV} pour les trois variétés comme l'indique le tableau 16.

De ces tests monocycliques de sensibilité relative, nous pouvons conclure que la variété R. Ebobo est la variété la plus sensible et que la variété Kouilou est nettement moins sensible à l'attaque des scolytes.

La cause principale de cette différence de sensibilité se trouve probablement dans la qualité de la cerise en tant que nourriture pour la descendance des scolytes.

5.3.2.3. Comparaison des tests polycycliques et monocycliques

Puisque le nombre de composantes de sensibilité de l'index I_{MV} des tests monocycliques est grand (il comprend les étapes 3 jusqu'à 14 du cycle d'attaque), nous pouvons supposer que cet index I_{MV} s'approche de l'index de sensibilité relative I_{CV} du test polycyclique. Voir tableau 17.

L'analyse des composantes telle que nous l'avons exécutée au moyen du test monocyclique se rapporte aux 11/14 parties du cycle entier de l'attaque. Les différences entre les trois variétés se sont alors imposées. Si l'on répète N fois un test polycyclique, ces différences sont rendues N fois plus grandes. Quand nous comparons les valeurs I_{MV} et I_{CV} , il paraît que les différences entre les variétés dans le test polycyclique sont 2 fois plus grandes que dans le test monocyclique, ce qui signifie que le test polycyclique comprend environ 2 cycles d'attaque.

Nous concluons que la sensibilité faible des cerises de la variété Kouilou à l'attaque des scolytes dans la nature est confirmée par les recherches sur la sensibilité faites en laboratoire. Nous avons l'impression que cette sensibilité diminuée par rapport aux variétés Robusta est principalement causée par le fait

TABLEAU 16. Réduction des résultats des tests monocycliques à l'index I_{MV}

Variété	Valeurs E			Valeurs RE			Etapes du cycle d'attaque auxquelles se rapporte la composante
	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou	
Composante de sensibilité:							
Pourcentage de cerises attaquées fournissant de jeunes scolytes	80	74	48	1,00	0,92	0,60	3 jusqu'à 8
Pourcentage d'oeufs qui deviennent scolytes adultes	45	61	31	0,74	1,00	0,51	8 jusqu'à 12
Pourcentage de nouveaux adultes qui s'envolent	52	53	43	0,99	1,00	0,82	12 jusqu'à 14
Produit des valeurs RE = P							
				0,73	0,92	0,25	3 jusqu'à 14
$I_{MV} = P \cdot 100$							
				73	92	25	

TABLEAU 17. Indices de sensibilité relative des tests monocycliques et polycycliques.

	R. INEAC	R. Ebobo	Kouilou	Etapes du cycle d'attaque auxquelles se rapportent les indices
I_{MV}	73	92	25	3 jusqu'à 14
I_{CV}	62	97	8	N fois le cycle total

que le contenu des cerises de Kouilou est un médium de nourriture moins favorable pour la descendance des scolytes des graines de café.

La période pendant laquelle le test polycyclique a été exécuté s'étalait sur 20 semaines ou 140 jours. Il en résulte que la durée moyenne d'un cycle équivaut globalement à 70 jours. TICHELER a calculé qu'en Côte d'Ivoire, la durée minimale d'une génération de scolytes est de 40,5 jours. Mais il est de règle et non exceptionnel que 2 générations de scolytes se développent dans une cerise. Il s'ensuit que la durée moyenne du cycle d'attaque se trouve entre 40,5 et 81 jours. Nous constatons que les deux calculs pour la durée du cycle d'attaque concordent assez bien.

6. PARASITE: *CEPHALONOMIA STEPHANODERIS* BETREM, BIONOMIE ET COMPORTEMENT

6.1. INTRODUCTION

Les premières observations sur la biologie de *Cephalonomia stephanoderis* Betrem ont été faites par TICHELER (1961) en Côte d'Ivoire. Il remarque une ressemblance surprenante avec *Prorops nasuta* Waterstone; un autre parasite hyménoptère (Bethyilidae) de *Hypothenemus hampei* (HARGREAVES, 1926).

La femelle de *C. stephanoderis* entre dans une cerise de caféier déjà scolytée et pond des oeufs sur la face ventrale des nymphes ou prénymphe des scolytes présents dans les galeries. Après 4 à 6 jours, la larve de *C. stephanoderis* a vidé complètement son hôte, elle se nymphose alors après avoir tissé un cocon de soie. Le stade pupal prend environ 15 jours. L'adulte femelle se nourrit de l'haemolymph d'adultes de *H. hampei* en pratiquant une ouverture, à l'aide de ses mandibules, dans la membrane intersegmentaire des tergites protho- et mésothoraciques.

TICHELER mentionne que *C. stephanoderis* peut être responsable d'une réduction considérable de la population de *H. hampei* qui reste dans une plantation de caféiers après la période de récolte dans les cerises oubliées et suppose qu'ainsi ce parasite diminue le niveau de la population initiale au début de la récolte suivante. TICHELER mentionne aussi que: 'L'action de *C. stephanoderis* peut être rattrapée par la mortalité due à un manque de nourriture'.

Afin de vérifier les suppositions de TICHELER sur les facteurs déterminant la mortalité totale des scolytes, nous avons étudié plus en détail la biologie de *C. stephanoderis* et nous avons analysé l'influence du parasite sur la population des scolytes pendant l'intercampagne.

6.2. DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE

Nous nous sommes seulement limité à des observations de *C. stephanoderis* en Côte d'Ivoire. Nous avons trouvé le parasite à peu près dans toutes les plantations de caféiers qui n'étaient pas ou très peu ombragées. Dans les régions de savane avec un boisage dense (à 30 Km de Bouaké), nous avons également repéré *C. stephanoderis* dans les graines noires du caféier. Nos collaborateurs nous ont signalé la présence de ce parasite au Cameroun et au Zaïre (1972). D'autre part nous avons bien l'impression que HARGREAVES (1926) a déjà vu et mis en élevage cet hyménoptère en Uganda en 1921.

Il semble donc que *C. stephanoderis* n'est pas un parasite spécifique de la région de l'Afrique de l'Ouest. Jusqu'à présent ce parasite n'a pas été observé en dehors de l'Afrique.

6. 3. MÉTHODES D'ÉLEVAGE

Pour les expériences en laboratoire, nous nous sommes servi des deux méthodes d'élevage de *C. stephanoderis*:

A. 'In vitro': Dans un tube de verre d'une longueur de 50 mm et d'un diamètre de 6 mm, nous avons mis un ou plusieurs parasites ensemble avec un ou plusieurs stades de *H. hampei*. Les tubes étaient fermés à l'aide d'un bouchon de coton et mis à l'obscurité dans une étuve à une température constante de 27°C. et une humidité relative de l'air de 80 à 90%. Tous les jours les proies mortes étaient remplacées par d'autres. Les nymphes parasitées étaient mises dans un autre tube dans lequel nous avons placé du coton ou un morceau de papier filtre pour que les larves du parasite puissent y fixer leur cocon lors de la métamorphose.

B. En principe, l'élevage dans des cerises attaquées par des scolytes paraît simple, mais en fait il présente certains inconvénients: en effet, les cerises peuvent se dessécher et par suite, entraînent la mort du parasite; d'autre part, il n'est pas possible de suivre le déroulement du cycle du parasite qui, à l'intérieur de la cerise, se dérobe au regard.

Malgré tout, cette méthode nous a été utile pour certaines expériences comme nous le verrons plus tard.

Nous mentionnons que tous nos efforts d'élever *C. stephanoderis* avec *Xyleborus compactus* Eichh., le scolyte des rameaux du caféier comme hôte, n'ont pas réussi.

6.4. REPRODUCTION

6.4.1. Taux sexuel

Le taux sexuel a été établi en fonction de nos observations en laboratoire d'une part, et d'après nos observations dans la nature d'autre part.

Nous avons élevé la descendance des parasites provenant de cerises parasitées dans la nature. Il y avait 143 mâles et 388 femelles qui sortaient de 531 cocons. Le taux sexuel de la descendance de *C. stephanoderis* est alors 1/2,7.

A l'encontre de ce taux, il y a la proportion de mâles et de femelles qui sortent des cerises parasitées. Nous avons attrapé 1177 parasites après leur sortie spontanée des cerises, dont 259 étaient des mâles. Le taux sexuel des parasites qui volent est donc 1 mâle pour 3,5 femelles.

La différence entre ces deux taux s'explique par le comportement des mâles. Par des observations dans l'élevage en tubes nous savons que, dès que les mâles sont sortis de leur cocon, ils commencent à chercher les femelles pour l'accouplement. Les mâles se nourrissent uniquement de liquides sucrés et ils ont une vie très courte (4 à 5 jours) par rapport aux femelles. Nous avons vu aussi qu'un mâle peut copuler avec plusieurs femelles.

Nous avons disséqué 45 femelles dès qu'elles ont quitté spontanément les cerises. De ces femelles, 43 avaient un réceptacle seminal plein de spermato-

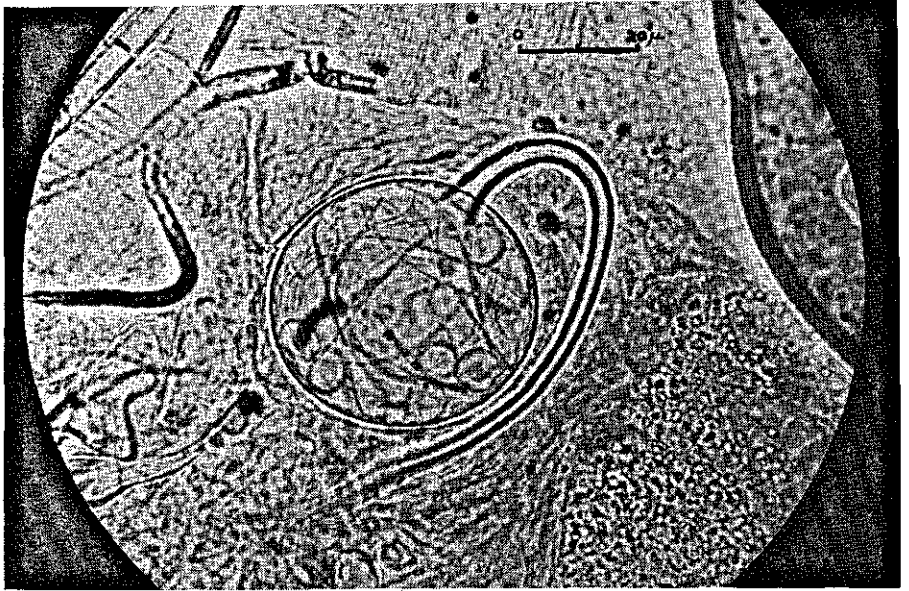


PLANCHE 2. Réceptacle seminal de *C. stephanoderis*. (remarquez les spermatozoïdes)

zoïdes. (voir planche 2). Cela prouve que la fécondation des femelles a lieu dans leur cerise de naissance avant de s'envoler et il semble bien que beaucoup de mâles ne quittent pas les cerises après avoir fécondé les jeunes femelles.

L'élevage du parasite dans les tubes nous a montré aussi que chez *C. stephanoderis* la parthénogenèse est arrhénothoque. En effet une femelle vierge est capable de pondre et, dans ce cas, donne uniquement naissance à des mâles; si elle est fécondée, la descendance est bi-sexuelle.

6.4.2. Maturation sexuelle des femelles

Les femelles de *C. stephanoderis* sont des insectes entomophages du type anautogénique; ce qui signifie que la production des oeufs dépend exclusivement de la nutrition de la femelle adulte.

En disséquant des femelles, nous avons constaté que dans les ovaires des femelles, venant de quitter les cocons, il n'y avait pas encore d'oeufs mûrs et que les femelles, sortant des cerises parasitées, n'avaient pas non plus d'oeufs mûrs dans leurs ovaires.

La période entre l'éclosion d'une femelle et sa première ponte varie avec la température et la nourriture.

A une température de 21°C. ou plus basse, les femelles ne pondent pas. A 24°C. l'oviposition commence seulement 6 à 11 jours après que la femelle a quitté son cocon, et à 27°C. la période de préoviposition n'est que 2 jours.

Chez les femelles qui ne pouvaient se nourrir que d'oeufs et d'adultes de *H. hampei*, la vitellogenèse n'a pas eu lieu (voir planches 3a-d).

Cette vitellogenèse se passait bien chez les femelles qui ont eu des nymphes vivantes ou récemment tuées dans leur nourriture. Une femelle qui a pondu déjà plusieurs oeufs s'arrête de pondre quand les nymphes viennent à manquer dans la ration alimentaire.

Tout cela prouve que l'haemolymphe des nymphes de *H. hampei* est indispensable pour l'ovogenèse complète de *C. stephanoderis*.

6.4.3. Fécondité

Dans des circonstances d'élevage en petits tubes de verre, la fertilité des femelles est très variable. De ces femelles 55% ne pondaient pas du tout et le nombre d'oeufs pondus par femelle fertile dépend de plusieurs facteurs.

Nous avons examiné la différence entre la fertilité des femelles vierges obtenues par des cocons isolés et des femelles venant de la nature. La ration alimentaire par jour pour un parasite était 2 oeufs, 2 nymphes et 2 adultes de *H. hampei*. Les hôtes morts ou parasités étaient remplacés tous les jours.

En prenant seulement les femelles pondeuses (2 fois 6), nous avons trouvé, qu'en 10 jours, les femelles vierges pondaient 3,2 oeufs en moyenne et les femelles fécondées dans la nature 5,9.

Une analyse de la variance des résultats, nous montre que cette différence n'est significative que, lorsque $0,10 < p < 0,25$.

6.5. ACTION PRÉDATRICE ET PARASITAIRE

6.5.1. Introduction

Il ressort du paragraphe 6.4.2. que, pour que l'ovogenèse de *C. stephanoderis* puisse s'achever, il faut des nymphes de *H. hampei*. Nous savons aussi que le parasite adulte tue plusieurs scolytes et qu'il se nourrit de leur haemolymphe (TICHELER, 1961).

En vue d'utiliser *C. stephanoderis* dans une lutte biologique contre *H. hampei*, il importe de connaître la capacité destructrice de l'hôte et la capacité parasitaire déterminant les populations de l'hôte et de son parasite.

Nous avons examiné ces paramètres à l'aide d'un élevage 'in vitro' et d'un élevage dans des cerises attaquées.

6.5.2. Essais 'in Vitro'

6.5.2.1. Introduction

La majeure partie de la vie du parasite se passe dans une cerise. Il n'en sort que, jeune adulte, à la recherche d'une autre cerise attaquée où il pondra ses oeufs et où il restera. Il est donc évident d'examiner premièrement si dans son comportement d'alimentation et d'oviposition le parasite dépend du nombre d'hôtes dans une cerise et deuxièmement si ces comportements peuvent être influencés par la présence de plusieurs parasites dans une seule cerise attaquée.

Puisque tout ce qui se passe dans une cerise n'est pas perceptible de l'exté-

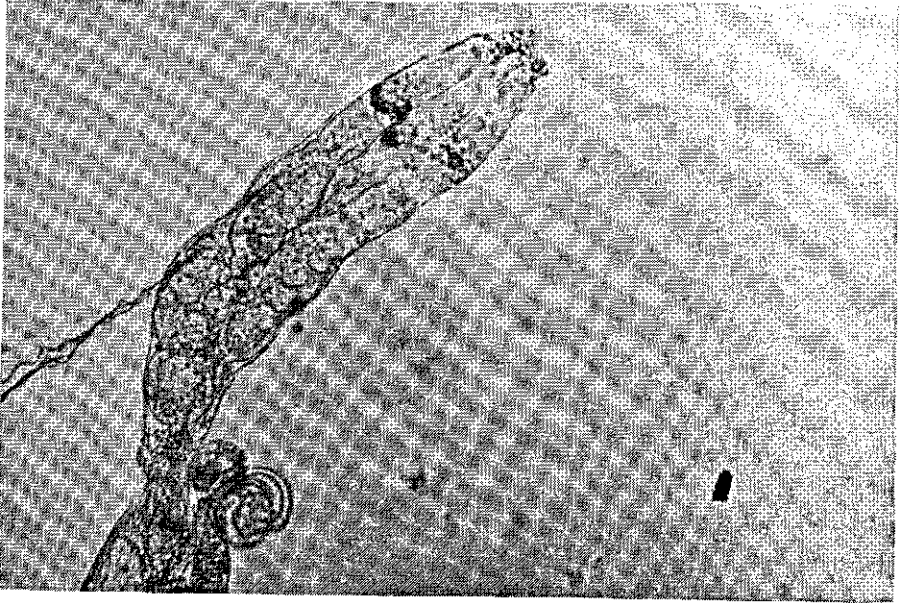


PLANCHE 3a. Ovarioles d'une femelle vierge à jeûn.

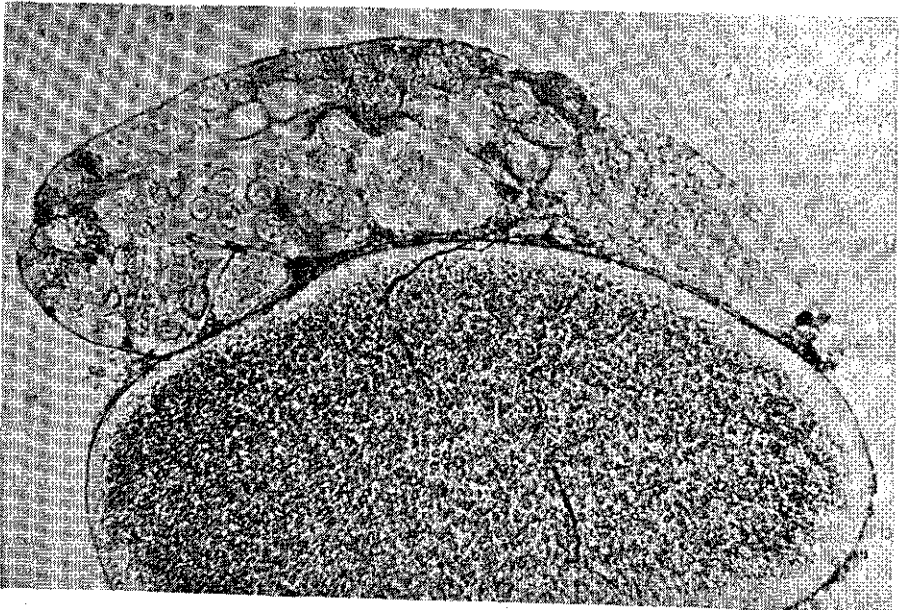


PLANCHE 3b. Un oeuf dans l'ovariole juste avant la ponte.

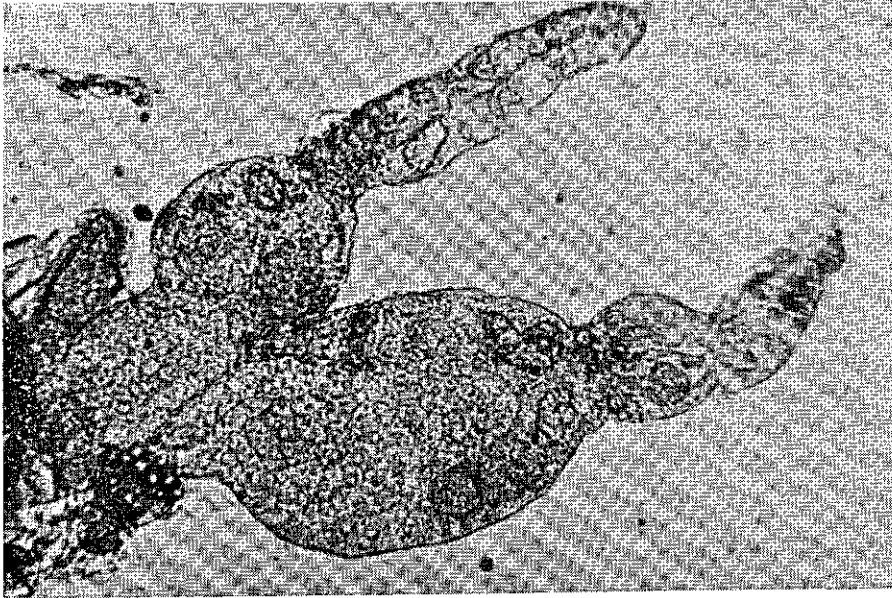


PLANCHE 3c. Ovarioles d'une femelle de 15 jours nourrie seulement d'oeufs et d'adultes de *H. hampei*.

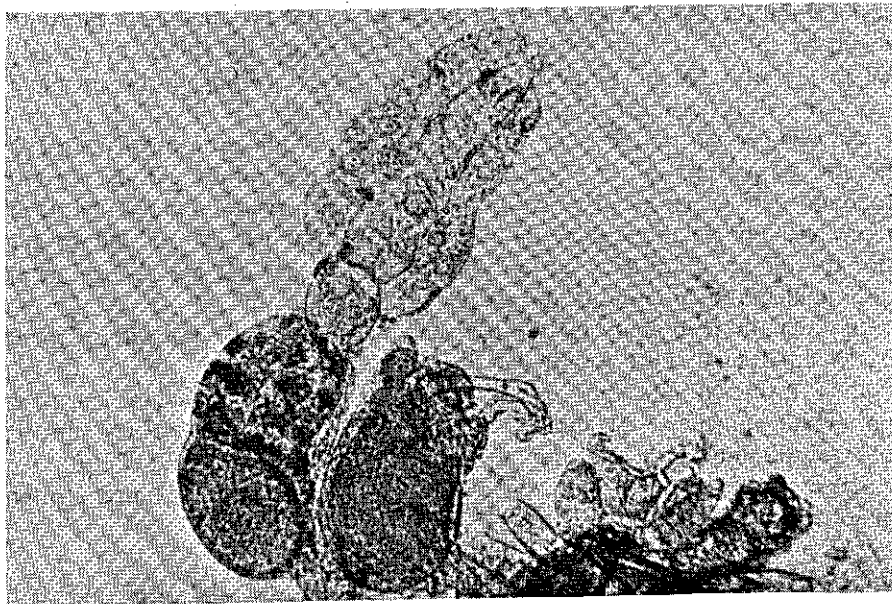


PLANCHE 3d. Ovarioles d'une femelle de 15 jours nourrie les 7 premiers jours de nymphes et les jours suivants d'oeufs et d'adultes de *H. hampei*.
(Voir l'oeuf qui est en train de s'atrophier)

rieur, cet examen pose beaucoup de problèmes. C'est pourquoi nous avons fait l'expérience avec des parasites dans de petits tubes de verre et pour simplifier nous avons uniquement donné des nymphes comme hôte.

Il est vrai, que les valeurs trouvées sur la capacité parasitaire et la voracité ne peuvent pas s'appliquer sans restriction à la situation dans la nature, mais nous avons obtenu beaucoup de renseignements sur la manière dont la ponte et le mode de nourriture changent quand on apporte des changements à la densité de proie ou à la densité de parasites dans une cerise.

6.5.2.2. Essai 1

Méthode

Dans de petits tubes de verre étaient mis 1, 2, 4, ou 8 parasites (♀♀). Une, deux, quatre ou huit nymphes de *H. hampei* y étaient ajoutées afin d'obtenir 16 combinaisons différentes. Tous les jours les nymphes mortes ou parasitées étaient comptées, enlevées et remplacées par d'autres nymphes. Toutes les fois qu'un ou plusieurs parasites étaient morts, ils étaient remplacés immédiatement. L'expérience a été faite à une température de 27°C. et à une humidité relative de l'air de 90%. Chaque combinaison était surveillée pendant 46 jours et reproduite une seconde fois.

Résultats

A. L'analyse statistique montre que l'influence de la densité du parasite sur la mortalité de l'hôte est largement significative, de sorte que cette mortalité augmente quand la densité (nombre d'individus dans un tube) du parasite augmente. Mais l'augmentation de la mortalité n'est pas en proportion de l'augmentation de la densité du parasite. (voir tableau 18)

Nous pouvons donc conclure qu'à une densité croissante de parasites, le nombre de proies attaquées par parasite diminue. Il s'agit donc d'une réponse fonctionnelle à la densité. En accord avec l'effet de densité nommé ci-haut, un parasite tue plus de nymphes quand il en a plus à sa disposition. L'augmentation du nombre d'attaques sur les nymphes n'est cependant pas en proportion de l'augmentation du nombre de nymphes offertes.

B. Le nombre d'oeufs pondus par une femelle de *C. stephanoderis* dépend également de la quantité de nymphes présentes dans un tube.

Il en ressort en outre que l'influence réciproque des parasites dans leur comportement parasitaire est notable. La présence de plusieurs parasites dans un tube fait diminuer le taux de pontes d'un parasite (voir tableau 19; effet P).

Les deux effets précités ne s'avèrent pas indépendants l'un de l'autre. L'interaction est significative.

6.5.2.3. Essai 2

Méthode

L'expérience se compose de 3 séries, chacune avec 5 tubes; chaque tube con-

TABLEAU 18. Mortalité des nymphes offris.

Nombre de nymphes	Nombre de parasites				moyenne	Analyse de variance			
	1	2	4	8		S ² = 561,6 Effet	n = 32 Carré moyen d.l.	\bar{X} = 50,28 F	
1	43,5%	45,5	83,0	85,0	54,0	N = densité de l'hôte	1782	3	14,03****
2	35,0	53,5	61,0	95,0	61,1	P = densité du parasite	2961	3	28,74****
4	21,5	31,5	48,0	70,0	35,9	NP = interaction	170	9	0,97
8	22,5	23,5	45,0	41,0	33,0	erreur	103	16	
moyenne	30,6	38,5	59,2	66,9	50,3				

TABLEAU 19. Nombre de ponte en 10 jours par parasite.

Nombre de nymphes	Nombre de parasites				moyenne	Analyse de variance			
	1	2	4	8		S ² = 14,63 Effet	n = 32 Carré moyen d.l.	\bar{X} = 2,95 F	
1	1,0	1,4	0,3	0,1	0,7	N = densité de l'hôte	42,8	3	21,40****
2	5,1	1,2	0,6	0,0	1,6	P = densité du parasite	52,5	3	26,25****
4	8,9	2,9	1,7	0,7	3,5	NP = interaction	7,0	9	3,50****
8	10,6	8,4	2,5	2,4	5,9	erreur	2,0	16	
moyenne	6,4	3,4	1,1	0,8	3,0				

tient un parasite provenant de notre élevage ou de cerises parasitées aux champs et des combinaisons différentes d'hôtes.

Série A: Cette série se compose de 5 tubes qui contiennent, chacun, un parasite et une nymphe de *H. hampei*. Le nombre d'oeufs et d'adultes ajoutés à ces tubes n'est pas identique pour chaque tube, mais variait d'un oeuf et d'un adulte jusqu'à 6 oeufs et adultes par tube. Le nombre de nymphes à attaquer ou à parasiter est donc constant (une par jour), tandis que le nombre d'oeufs et d'adultes susceptibles d'être tués par le parasite varie d'un à six par jour et par tube.

Série B: Le nombre de nymphes dont le parasite peut disposer journellement n'est pas identique dans les 5 tubes, mais varie d'une à six. Le nombre d'autres proies par contre est constant, à savoir 5 oeufs et 5 adultes.

Série C: Dans cette série, le nombre de nymphes, oeufs et adultes de l'hôte offerts par jour est variable, mais le rapport: nombre de nymphes/ nombre d'autres stades d'hôte est constant.

Tous les jours, nous avons compté les oeufs, nymphes et adultes morts, et les nymphes parasitées. Les individus morts ou parasités et les individus d'hôte passés à un autre stade étaient enlevés et remplacés par des individus du stade original, de sorte que la combinaison d'hôtes offerts restait constante.

Quand le parasite venait à mourir, il était également remplacé par un autre.

Chacune de ces expériences, d'une durée de 32 jours, a été reproduite 4 fois.

Les résultats de cet élevage de *C. stephanoderis* sont rapportés dans le tableau 20.

TABLEAU 20. Fécondité d'une femelle de *C. stephanoderis* et mortalité des stades différents de l'hôte.

RATION ALIMENTAIRE PAR JOUR	$\left\{ \begin{array}{l} a = \text{nombre de nymphes } (N) \\ b = \text{nombre d'oeufs et d'adultes} \\ 0+AV \\ \text{ratio } a/b \end{array} \right.$	Série A					
		a	1 N	1 N	1 N	1 N	1 N
		b	10+1AV	20+2AV	30+3AV	40+4AV	50+5AV
			1,0	0,5	0,3	0,25	0,2
Mortalité des adultes de l'hôte		74%	54	43	41	27	
Mortalité des oeufs de l'hôte		47%	36	25	31	27	
Mortalité des nymphes de l'hôte		27%	28	24	37	39	
Nombre moyen de jours pendant lesquels le parasite pond dans une période de 10 jours		3,8	1,9	2,5	1,9	0,8	
Nombre moyen d'oeufs pondus par le parasite pendant les jours de ponte		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nombre moyen d'oeufs pondus par le parasite pendant 10 jours		3,8	1,9	2,5	1,9	0,8	
				0,100 < P < 0,250			

Résultats

Nous parvenons aux conclusions suivantes:

I Quand les nymphes de l'hôte manquent dans la ration alimentaire, la mortalité de hôtes adultes dépend du nombre offert, de telle manière que la mortalité de ces hôtes diminue lorsque l'offre d'hôtes adultes augmente. Cela porte à croire que les hôtes adultes sont attaqués par le parasite mais que l'activité prédatrice de *C. stephanoderis* sur les adultes de *H. hampei* ne dépend plus de la densité de la proie au-dessus d'un certain niveau (voir série B). A une densité relative de cinq hôtes adultes par parasite, le besoin alimentaire du parasite peut être largement satisfait et la mortalité des scolytes n'augmente pas, même si le nombre de nymphes dans la ration alimentaire diminue. Aussi l'activité prédatrice de *C. stephanoderis* est-elle clairement un comportement porté sur la nutrition et elle n'est pas causée par un comportement stéréotypique de prédateur. Il a été prouvé pourtant que dans chaque combinaison la mortalité des hôtes adultes doublait pendant la ponte du parasite.

II La différence entre les mortalités des oeufs offerts dans les cinq combinaisons de chacune des trois séries n'est pas significative et nous arrivons à la conclusion que la mortalité des oeufs n'est pas influencée par les nombres de nymphes et d'adultes dans la ration alimentaire journalière. Une exception peut être faite pour la première combinaison dans les séries A et C où le pourcentage exceptionnellement élevé de mortalité des oeufs peut être causé par le fait qu'en absence de nourriture suffisante, le parasite s'attaque aux oeufs pour satisfaire à ses besoins alimentaires.

Série B					Série C				
1 N 50+5AV	2 N 50+5AV	3 N 50+5AV	4 N 50+5AV	5 N 50+5AV	1 N 10+1AV	2 N 20+2AV	3 N 30+3AV	4 N 40+4AV	5 N 50+5AV
0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
27	33	29	39	37	74	40	47	49	37
27	26	P>0,250 20	26	21	47	30	P>0,250 30	23	21
39	31	P>0,250 33	24	28	27	29	P>0,250 25	26	28
0,8	2,3	0,100<P<0,250 4,2	4,3	2,3	3,8	3,3	P>0,250 3,7	4,5	2,3
1,0	1,3	1,6	2,0	2,1	1,0	1,4	1,5	1,9	2,1
0,8	3,0	6,7	8,6	4,8	3,8	4,6	5,4	8,6	4,8
		0,005<P<0,025					P>0,250		

III La mortalité des nymphes en pourcentage ne diffère pas d'une manière significative dans les séries. Comme nous avons pu constater que cette mortalité est presque uniquement causée par le parasite, nous pouvons conclure que, dans les circonstances données, le nombre d'attaques de *C. stephanoderis* sur les nymphes hôtes dépend linéairement du nombre de nymphes offertes.

IV La capacité de parasiter dans les circonstances de cette expérience, exprimée en nombre de pontes du parasite par 10 jours, diminue quand le nombre de nymphes hôtes par tube diminue et que l'offre d'oeufs et d'adultes est importante (voir série B).

Quand la ration alimentaire journalière diminue dans son total, mais que le rapport entre le nombre de nymphes d'une part et les autres stades d'autre part demeure constant, comme dans la série C, le taux de parasitisme demeure constant. La moyenne du nombre de nymphes sur lesquelles *C. stephanoderis* pond des oeufs pendant une période de 10 jours est donc déterminée par le rapport:

$$\frac{N}{O + AV}$$

Lorsque cette relation est favorable (série C), le parasite pond en moyenne 5,4 oeufs en 10 jours et le nombre de jours de ponte est en moyenne 3,5 par 10 jours de vie.

Lors de cette expérience, le plus grand nombre d'oeufs pondus par jour par un parasite était 3.

6.5.3. Essais avec des cerises attaquées

6.5.3.1. Introduction

Rappelons en effet, qu'après le commencement du cycle de *H. hampei*, il faut attendre quelques semaines afin que le parasite entrant y trouve assez de couvain et d'adultes pour se nourrir et se reproduire.

Comme les cerises, une fois cueillies, ne tardent pas à se dessécher et qu'il est assez difficile de faire attaquer les cerises dans les circonstances en laboratoire, nous nous sommes servi de cerises rouges attaquées dans la nature pour les expériences suivantes. Ces cerises provenaient des parties T₂ de nos parcelles, elles n'étaient mûres que depuis 1 à 15 jours et l'on peut supposer que l'attaque est relativement récente.

De plus, les expériences ont été réalisées à un moment où le niveau de la population des parasites dans la nature était peu élevé. La chance pour qu'un parasite se trouve dans une des cerises au début de l'expérience était donc minime.

Pour les essais décrits ci-après, nous avons ajouté des parasites (♀♀) aux cerises et au bout de quelque temps nous les avons disséquées et le contenu en scolytes et en couvain était compté.

6.5.3.2. Essai I

Dans chacun de deux pots de verre de 370 ml. étaient mises 50 cerises attaquées. A un des deux pots étaient ajoutés 5 parasites. Les pots étaient fermés à l'aide d'une gaze de nylon qui ne permet le passage ni aux parasites ni aux scolytes. Les pots étaient gardés à l'insectarium à des températures variant entre 25–30°C. Au bout de une, deux et trois semaines nous avons pris 10 cerises de chacun de ces pots, nous les avons disséquées et le contenu en scolytes et leur couvain était déterminé.

Cette expérience a été faite à 6 reprises. Les nombres moyens d'oeufs, larves, nymphes, adultes vivants et adultes morts présents dans une cerise dans les pots avec ou sans parasites sont reportés dans le tableau 21.

Remarque: Dix cerises étant prélevées de chaque pot par semaine. Le nombre de cerises ne restait pas constant au cours de l'expérience et par conséquent, la densité du parasite n'était pas non plus constante.

6.5.3.3. Essai 2

Cent-trente cerises attaquées dans la nature étaient distribuées en 13 groupes quelconques de 10 cerises.

Un groupe était disséqué tout de suite et le contenu des cerises était compté. Les autres groupes étaient mis dans un pot. Nous avons ajouté aux trois premiers pots un parasite, aux trois suivants deux parasites, à trois autres quatre parasites, les trois derniers pots ne recevaient rien. Au bout d'une semaine, nous avons compté le contenu des cerises provenant d'un pot de chacune des séries. Ce même prélèvement était effectué au bout de 2 et de 3 semaines.

Cette expérience a été faite à neuf reprises.

Les résultats sont consignés dans le tableau 22.

6.5.3.4. Essai 3

Dans trois séries de 9 pots étaient mises respectivement 3, 6 et 9 cerises attaquées. Un, deux ou trois parasites y étaient ajoutés de façon à obtenir 9 combinaisons différentes de 3 pots. Après 1, 2 et 3 semaines les cerises d'un pot de chaque combinaison étaient disséquées et le contenu était compté. (Voir tableau 23).

Cette expérience a été faite à 3 reprises et nous avons prêté une attention particulière à la différence entre les cerises attaquées qui avaient des traces de parasitismes et celles qui n'avaient pas ces traces (Voir tableau 24).

6.5.3.5. Discussion des résultats

1° Les trois expériences ont démontré que le nombre de scolytes morts dans un pot contenant des parasites est sensiblement plus élevé que dans un pot sans parasites.

2° Dans toutes les expériences, l'effet du parasite sur le nombre de scolytes vivants est insignifiant. Cela tient du fait que ce stade est toujours pourvu de nouveaux individus puisque les nymphes deviennent adultes.

3° La présence du parasite n'a pas toujours le même effet sur le couvain du scolyte,

TABLEAU 21. Nombre moyen de stades embryonnaires, larvaires et imaginaires dans une cerise dans des pois sans ou avec parasites ($p = 0,05$)

	OEUFES		LARVES		NYMPHES		ADULTES VIVANTS		ADULTES MORTS	
	sans paras.	avec paras.	sans	avec	sans	avec	sans	avec	sans	avec
Contenu initial	8,0 ± 2,7		11,3 ± 2,1		2,5 ± 0,5		3,1 ± 1,1		--	
Après une semaine	12,8 ± 2,9 t = 1,02 d.l. = 10 0,200 < P < 0,400	10,7 ± 2,8 t = 0,21 d.l. = 10 I > P > 0,500	20,1 ± 4,0 t = 0,21 d.l. = 10 I > P > 0,500	19,9 ± 5,7 d.l. = 10	4,2 ± 1,3 t = 0,02 d.l. = 10 I > P > 0,500	4,2 ± 1,4 d.l. = 10	7,5 ± 2,7 t = 1,05 d.l. = 10 0,200 < P < 0,400	5,8 ± 1,9 d.l. = 10	0,0	0,6 ± 0,6
Après deux semaines	9,7 ± 2,5 t = 0,87 d.l. = 10 0,400 < P < 0,500	8,1 ± 1,9 d.l. = 10	26,2 ± 4,9 t = 0,60 d.l. = 10 I > P > 0,500	19,6 ± 4,6 d.l. = 10	4,6 ± 2,5 t = 0,48 d.l. = 10 I > P > 0,500	3,8 ± 1,4 d.l. = 10	15,7 ± 3,8 t = 1,77 d.l. = 10 0,100 < P < 0,200	10,6 ± 4,2 d.l. = 10	0,1 ± 0,1 t = 1,74 d.l. = 10 0,100 < P < 0,200	1,3 ± 1,3
Après trois semaines	4,6 ± 2,4 t = 0,41 d.l. = 10 I > P > 0,500	3,8 ± 2,7 d.l. = 10	30,2 ± 6,2 t = 2,31 d.l. = 10 0,025 < P < 0,050	17,3 ± 9,0 d.l. = 10	2,5 ± 0,9 t = 0,90 d.l. = 10 0,200 < P < 0,400	1,9 ± 1,1 d.l. = 10	21,2 ± 6,7 t = 1,50 d.l. = 10 0,100 < P < 0,200	14,3 ± 6,1 d.l. = 10	1,1 ± 1,1 t = 0,98 d.l. = 10 0,200 < P < 0,400	2,5 ± 2,4

TABLEAU 22. Contenu moyen des cerises dans les pots avec un nombre différent de parasites, quelques semaines après l'entrée des parasites.

	sans parasites			un parasite			deux parasites			quatre parasites			Moyenne												
	O	L	N	O	L	N	O	L	N	O	L	N	O	L	N										
Contenu initial	8,0	14,2	4,2	6,7	0,5																				
Après une semaine	11,8	11,2	4,3	13,5	0,4	8,6	15,3	4,1	13,3	1,3	7,5	14,1	3,4	8,9	2,5	4,0	12,3	3,7	10,6	3,5	8,0	13,2	3,9	11,6	1,9
Après deux semaines	8,3	18,4	3,4	17,6	2,2	5,4	14,4	2,5	13,6	3,7	5,8	13,8	2,7	14,9	3,6	4,7	15,4	3,3	13,2	5,6	6,1	15,5	3,0	14,8	3,8
Après trois semaines	3,4	11,6	2,2	17,5	3,8	2,4	11,1	2,6	17,5	6,4	1,9	10,8	1,4	13,3	6,5	0,9	10,7	1,9	18,4	8,0	2,1	11,1	2,1	16,7	6,2
Moyenne	7,8	13,7	3,3	16,2	2,1	5,5	13,6	3,1	14,8	3,8	5,1	12,9	2,5	12,4	4,2	3,2	12,8	3,0	14,1	5,7	5,4	13,2	2,9	14,3	3,9

Analyse de variance

Stade	effet	carré moyen	d.l.	F
OEUFS O	P	98,39	3	6,84****
	t erreur	318,48 14,38	2 95	22,15****
LARVES L	P	5,84	3	1,0
	t erreur	180,30 58,80	2 95	3,07**
NYMPHES N	P	3,12	3	1,46*
	t erreur	30,52 2,14	2 95	14,26****
ADULTES VIVANTS AV	P	67,66	3	1,65*
	t erreur	237,66 41,09	2 95	5,78****
ADULTES MORTS AM	P	57,97	3	11,95****
	t erreur	166,57 4,85	2 95	34,34****

TABLEAU 23. Schéma de l'essai 3.

Facteur	Symbole	Niveau		
		1	2	3
Nombre de parasites par pot	P	1	2	3
Nombre de cerises par pot	C	3	6	9
Moment de dissection des cerises (en semaines après l'adjonction des parasites)	t	1	2	3

TABLEAU 24. Contenu moyen des cerises de l'essai 3.

		Contenu moyen d'une cerise parasitée ou non					Contenu moyen d'une cerise non parasitée						
niveau		1	2	3	F	dl	1	2	3	F	dl		
OEUF	facteur	S ² = 8,01			n = 54			S ² = 4,93			n = 27		
		P	3,2	2,6	2,2	0,93	2	3,4	3,3	2,5	0,62	2	
		C	1,5	3,2	3,3	3,39**	2	1,9	3,6	3,7	2,82*	2	
	t	4,2	2,1	1,8	5,78***	2	4,8	2,3	2,1	6,26****	2		
		moyenne 2,7					moyenne 3,1						
LARVES	facteur	S ² = 13,31			n = 54			S ² = 5,51			n = 27		
		P	6,9	5,8	5,5	1,16	2	7,4	6,2	5,8	1,40	2	
		C	4,2	6,7	7,2	5,32***	2	4,8	7,2	7,5	4,71**	2	
	t	6,2	6,6	5,4	0,77	2	6,0	7,4	6,1	1,28	2		
		moyenne 6,0					moyenne 6,5						
NYMPHES	facteur	S ² = 0,83			n = 54			S ² = 0,78			n = 27		
		P	1,2	1,3	0,9	1,74	2	1,3	1,4	0,8	1,97*	2	
		C	0,8	1,2	1,4	2,93**	2	0,9	1,2	1,4	1,65	2	
	t	2,0	1,0	0,4	21,31****	2	2,0	1,2	0,5	14,61****	2		
		moyenne 1,1					moyenne 1,2						
ADULTES VIVANTS	facteur	S ² = 6,29			n = 54			S ² = 10,40			n = 27		
		P	5,2	4,4	3,7	2,34**	2	5,6	5,5	4,1	1,43	2	
		C	2,8	4,8	5,6	8,65****	2	3,7	5,4	6,1	2,91*	2	
	t	2,2	4,4	6,7	22,21****	2	2,4	5,0	7,8	14,44****	2		
		moyenne 4,4					moyenne 5,1						
ADULTES MORTS	facteur	S ² = 1,50			n = 54			S ² = 0,12			n = 27		
		P	0,7	0,8	1,5	2,88**	2	0,1	0,2	0,5	2,85*	2	
		C	1,4	0,9	0,8	1,77*	2	0,4	0,3	0,2	0,62	2	
	t	0,7	1,2	1,2	1,48*	2	0,2	0,3	0,4	0,67	2		
		moyenne 1,0					moyenne 0,3						

trouvé en moyenne dans une cerise. Nous supposons que la grande différence du contenu moyen des cerises, au commencement des expériences, est responsable des résultats parfois contradictoires. Dans l'expérience 3 principalement, il y avait, dès le début, beaucoup moins de scolytes et de couvain dans les cerises que dans les autres expériences. L'effet démontré du parasite sur le nombre d'oeufs dans les cerises des expériences 1 et 2, résulte d'une manière indirecte de la mortalité des adultes causée par les parasites, puisque cette mortalité diminue aussi considérablement le nombre d'adultes qui pondent.

Contenu moyen d'une cerise parasitée					Contenu moyen d'une cerise témoin (pots sans parasites)					Contenu moyen d'une cerise en début de l'expérience (t = 0)
1	2	3	F	dl	1	2	3	F	dl	
$S^2 = 0,87$ n = 27					$S^2 = 36,65$ n = 54					$S^2 = 20,7$ n = 18
0,4	0,3	0,7	0,42	2						
0,1	0,3	0,9	2,01*	2						
0,5	0,1	0,8	1,60	2	8,7	2,9	3,2	6,32****	2	
moyenne 0,5					moyenne 4,9					moyenne 3,8 ± 2,1
$S^2 = 10,44$ n = 27					$S^2 = 121,84$ n = 54					$S^2 = 29,0$ n = 18
3,4	4,5	3,6	0,36	2						
2,7	3,7	5,0	1,36	2						
6,1	2,6	2,8	4,18**	2	7,3	5,9	11,5	1,29	2	
moyenne 3,8					moyenne 8,3					moyenne 6,0 ± 2,5
$S^2 = 1,35$ n = 27					$S^2 = 2,35$ n = 54					$S^2 = 12,7$ n = 18
0,3	1,1	6,4	1,66*	2						
0,6	0,7	0,8	0,15	2						
1,7	2,3	0,1	9,31***	2	1,2	0,9	0,3	1,39	2	
moyenne 0,7					moyenne 0,8					moyenne 2,9 ± 1,6
$S^2 = 5,17$ n = 27					$S^2 = 75,13$ n = 54					$S^2 = 15,6$ n = 18
2,4	1,3	1,6	0,56	2						
1,1	1,6	2,5	0,81	2						
1,4	1,2	2,7	1,19	2	0,9	7,7	15,7	24,98****	2	
moyenne 1,7					moyenne 8,1					moyenne 2,7 ± 1,8
$S^2 = 36,0$ n = 27										
6,1	2,4	5,1	2,73*	2						
3,2	6,5	3,9	1,76*	2						
4,3	5,3	4,1	0,21	2						
moyenne 4,6					nihil					nihil

En outre, dans l'expérience 3, les taux de parasitisme sont très élevées (11 à 100 %). Cela a causé la mort des scolytes sans qu'on y trouve traces de descendance de *H. hampei*, car les parasites, à la recherche d'une cerise favorable, ne s'étaient pas encore fixés.

Remarque: Des expériences effectuées sur le comportement du parasite pendant les premiers jours après sa sortie du cocon ont prouvé que le parasite peut en effet visiter plusieurs cerises pendant les 3 à 4 premiers jours et qu'il ne s'établit définitivement dans une cerise qu'après ces quelques jours.

6.5.4. Influence de la température

Afin d'examiner l'action prédatrice de *C. stephanoderis*, nous avons placé dans un tube 1 parasite (♀) en présence de 6 nymphes de *H. hampei*. La mortalité des nymphes et la ponte du parasite étaient mesurées à des températures différentes. Voir tableau 25.

D'après ces données, il semble que le taux de ponte, aussi bien que le nombre d'attaques sur les nymphes du scolyte sont très sensibles à la température.

6.6. MOTILITÉ DU PARASITE

Pour vérifier les soupçons selon lesquels un parasite, une fois établi dans une cerise, n'en sortira plus, nous avons exécuté les essais suivants.

Essai 1. Cette expérience se composait de 4 séries (A, B, C et D), pour lesquelles étaient utilisées des cerises attaquées prélevées sur le terrain et distribuées au hasard dans les 4 séries.

Série A: Dans les pots en plastique de la caisse de capture (figure 6) était mise uniquement une cerise sans adjonction de parasite. Durant 5 semaines, à partir du 5e jour après le début de l'expérience, les scolytes sortant de la cerise étaient comptés et enlevés tous les 3 jours.

Série B: Dans un pot de verre était mis une cerise et un parasite (♀). Au bout de 5 jours la cerise était placée dans un pot en plastique de la caisse de capture et pendant 5 semaines, les scolytes et les parasites quittant la cerise étaient comptés et enlevés.

Série C: Cette série était identique à la série A, mais au lieu d'une cerise nous avons placé deux cerises infestées.

Série D: Dans un pot de verre étaient placées 2 cerises infestées et nous y avons ajouté un seul parasite. Au bout de 5 jours, les cerises étaient mises ensemble dans un pot de la caisse de capture. Ensuite les scolytes et les parasites quittant les cerises étaient comptés et enlevés pendant 5 semaines.

Les résultats de cette expérience sont rapportés au tableau 26.

Nous observons que le nombre de scolytes sortis d'un tube de la série D avec 2 cerises est 16,0 et que ce nombre se trouve entre les limites de confiance de la somme du nombre de scolytes sortis d'un tube des séries A et B (15,0 + 4,1) avec chacun une cerise.

TABLEAU 25. Mortalité des nymphes hôtes et ponte du parasite à des températures différentes ($p = 0,05$).

Température	21°C	24°C	27°C	30°C	32°C	Analyse de la variance			
						Effet	Carré moyen	F	
Mortalité des nymphes	17,7 ± 4,3	21,8 ± 3,3	29,2 ± 5,7	24,0 ± 2,0	28,6 ± 3,6	Température	38,21	4	6,31****
Nombre moyen d'oeufs pondus par 1 parasite pendant 10 jours		2,8 ± 2,0	6,8 ± 5,7	9,1 ± 5,0	8,2 ± 2,5	Erreur	6,05	22	
						Température	71,92	4	3,98***
						Erreur	18,07	22	

TABLEAU 26. Sortie des scolytes des cerises avec ou sans parasites.

	Nombre de cerises attequées par tube	Nombre de parasites par tube	Nombre de répétitions	Nombre total de scolytes sortis des cerises pendant 5 semaines	Nombre moyen de scolytes sortis des cerises d'un tube ($p = 0,05$)
Série A	1	-	22	331	15,0 ± 5,6
Série B	1	1	24	98	4,1 ± 3,3
Série C	2	-	21	672	32,0 ± 6,8
Série D	2	1	24	383	16,0 ± 6,6

Essai 2. Lors de cette expérience nous avons mis, dans chacun des 26 pots de verre, 3 cerises infestées et un parasite (♀). Pendant les 10 premiers jours les pots ont été observés régulièrement pour voir si le parasite se trouvait en dehors des cerises. Jusqu'au cinquième jour après le début de l'expérience, le parasite a été signalé en dehors des cerises dans plusieurs pots (pendant la matinée seulement). Au bout de 8 jours, le parasite n'était plus signalé en dehors des cerises. Quinze jours après le commencement de l'expérience, les 3 cerises de chaque pot étaient placées séparément dans des tubes de la caisse de capture et nous avons examiné de quelles cerises sont sortis les parasites.

Dans les 26 cas, de jeunes parasites ne sortaient que d'une cerise parmi les trois qui se trouvaient ensemble dans un pot de verre en début d'expérience. Cette sortie avait lieu entre 21 à 32 jours après le début de l'expérience (en moyenne après $26,8 \pm 1,6$ jours).

Les deux expériences démontrent que le parasite ne se reproduit que dans une seule cerise et que, pendant la période d'oviposition, il ne visite pas d'autres cerises.

6.7. LONGÉVITÉ DE L'ADULTE

A la base de l'expérience 'in vitro' nr. 1, nous avons aussi pu faire une évaluation de la durée moyenne de la vie adulte d'un parasite dans les différentes combinaisons.

$$\frac{X \cdot P}{X + P} = D$$

D = longévité évaluée d'un parasite de la combinaison

X = Nombre de jours d'expérience

P = Nombre de parasites gardés constant dans la combinaison

Y = Nombre de parasites qui - pendant la période X - étaient morts et remplacés.

Les valeurs trouvées sont reportées dans le tableau 27.

TABLEAU 27. Longévité moyenne d'un parasite.

Nombre de parasites	Nombre de parasites				moyenne	S ² = 115,61	Analyse de la variance		F
	1	2	4	8			Effet	n = 32 Carré moyen d.l.	
1	16,0 jours	22,2	11,2	4,4	13,5	N = densité de l'hôte	238,5	3	3,11**
2	25,5	17,1	17,8	11,2	17,9	P = densité du parasite	312,2	3	4,07***
4	24,7	25,2	23,3	15,7	22,2	NP = interaction	49,3	9	0,53
8	40,3	20,9	28,3	14,9	26,1	Erreur	92,12	16	
moyenne	26,6	21,3	20,2	11,6	19,9				

Nous remarquons que les parasites adultes ont une vie réduite quand ils vivent dans le même espace avec plusieurs congénères et que la durée moyenne de leur vie est plus courte à mesure que le nombre de nymphes, mises journellement à la disposition du parasite, diminue.

Ces deux effets s'avèrent indépendants l'un de l'autre.

6.8. DURÉE DU CYCLE ÉVOLUTIF

A l'aide d'un élevage du parasite '*in vitro*', nous avons pu mesurer la durée des stades. Nous ne séparerons pas le stade embryonnaire du stade larvaire, car il n'est pas possible de les distinguer nettement sous binoculaire.

La durée des stades à des températures différentes est donnée dans le tableau suivant.

TABLEAU 28. Durée des stades de *C. stephanoderis* à des températures différentes.

	Durée du stade embryonnaire et du stade larvaire pris ensemble		Durée du stade pupal	
	♀	♂	♀	♂
24°C	5,6 jours	5,2	17,8	15,6
27	4,9	5,4	14,1	13,5
30	4,5	4,4	10,7	9,5
32	4,1	4,2	10,5	9,7

Nous remarquons que le développement des mâles est un peu plus rapide que celui des femelles.

Pour représenter le rapport entre la durée du cycle évolutif et les températures normales pour l'insecte, nous pouvons prendre les mêmes équations que TICHELER a utilisé pour *H. hampei*.

$$y(t-a) = K \text{ (hyperbole)}$$

y = temps entre la ponte de l'oeuf et l'éclosion du jeune adulte.

t = température

K = constante

a = température minimum à laquelle il peut y avoir un développement (théoriquement).

$$\frac{1}{y} = v$$

v = vitesse de développement

$$k = \frac{1}{K}$$

v = k(t-a) (ligne droite)

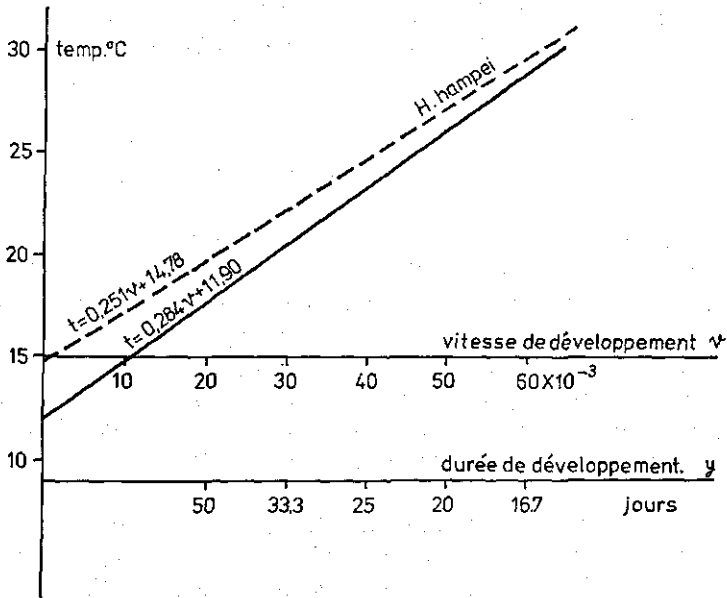


FIG. 7. Relation entre la température et la vitesse de développement de la ponte à l'éclosion du jeune adulte.

Ligne continue: *C. stephanoderis* (♀); auteur.

Ligne interrompue: *H. hampei*; Ticheler.

Avec les données du tableau 28 nous obtenons une droite représentée dans la figure 7.

Le coefficient de régression (b) de cette droite indique la sensibilité de la vitesse de développement (de la ponte jusqu'à l'éclosion du jeune adulte) à la température.

$$b = 0,284 \quad (0,138 \leq \beta \leq 0,430; p = 0,05)$$

Quand nous comparons cette vitesse avec celle de *H. hampei*, nous concluons que la sensibilité à la température de ces deux insectes ne diffère pas nettement.

A des températures normales pour ces insectes, la durée du développement (y) de *C. stephanoderis* est raccourcie de un à deux jours par rapport à celle de son hôte.

7. ABONDANCE DE L'INSECTE NUISIBLE EN FONCTION DE SON PARASITE

7.1. POPULATIONS DANS LES PARCELLES NON RÉCOLTÉES

Il est évident qu'un développement normal de la population de *C. stephanoderis* n'est pas possible dans les parties T₂ et T₄ des parcelles expérimentales à cause des récoltes régulières des cerises mûres, les cerises attaquées étant toujours cueillies au moment où le cycle évolutif du parasite vient tout juste de commencer. Afin d'étudier le développement de la population du parasite et celui de son hôte dans une plantation de café non perturbée, nous nous sommes limité à prendre des échantillons dans les parties T₀ des parcelles. Les résultats de ces échantillonnages sont reportés dans l'appendice II.

Ces données nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

- 1° Au cours de la saison de café, le nombre moyen d'individus vivants de *H. hampei* dans les cerises attaquées varie plus dans les parties T₀ que dans les parties T₂ et T₄ des mêmes parcelles. (Voir tableau 12 et appendice II). Cela résulte du fait que, dans les parties T₂ et T₄, la qualité des cerises est assez constante, tandis que dans T₀, la qualité des cerises comme milieu pour *H. hampei* n'est pas constante, les cerises étant plus défraîchies à mesure que la saison est plus avancée.
- 2° Le nombre d'individus vivants de *H. hampei*, dans les cerises de T₀ est le plus grand lorsque 80% à 90% des cerises sont mûres. A ce moment-là, plus de 50% des cerises présentes dans T₀ sont noires (appendice II, colonne '%N'). Ensuite la densité de la population de *H. hampei* dans une seule cerise diminue vite et la mortalité des adultes ne tarde pas à augmenter.
- 3° Assez tôt après le moment où la densité moyenne de la population de *H. hampei* est la plus élevée, la population de *C. stephanoderis* sur le terrain commence à se développer et le pourcentage de cerises attaquées où des traces du parasite ont été trouvées atteint plus de 5% (app. II; colonne '%P₁').
- 4° Le pourcentage de cerises attaquées et parasitées par *C. stephanoderis* augmente d'environ 5% à plus de 20%, au cours de 4 semaines environ et ce pourcentage ne baisse que très lentement dans les semaines suivantes. Cette baisse lente résulte du fait qu'elle se présente lorsque toutes les cerises des arbustes sont déjà mûres (le pourcentage d'attaque est environ 100%) et une substitution ou un complément des cerises attaquées n'a pas lieu.
- 5° Le pourcentage de cerises attaquées et parasitées s'accroît en même temps que le nombre moyen de scolytes morts (AM) dans les cerises attaquées et le nombre moyen d'oeufs et de stades pré-imaginaux de *H. hampei* par cerise diminue.
- 6° Le nombre d'individus vivants de *C. stephanoderis* dans les cerises attaquées et parasitées (Σpv) n'est pas constant. Ce nombre descend vite quand le

pourcentage de cerises attaquées et parasitées a atteint son maximum.

7° Dans la parcelle de la variété R. INEAC, nous avons examiné de plus près les cerises parasitées et nous avons fait une distinction entre les cerises contenant des individus vivants de *C. stephanoderis* et celles contenant seulement des restes (cocons vides et adultes morts) du parasite.

Nous appellerons 'parasitisme actuel', l'abondance des cerises attaquées contenant des individus vivants du parasite (Pa) et 'parasitisme total' (Pt) l'abondance des cerises qui contiennent non seulement des insectes vivants, mais également des cerises dans lesquelles on retrouve des restes du parasite.

Nous constatons ainsi que le pourcentage de cerises attaquées ayant des individus vivants (taux du parasitisme actuel = %Pa) diminue vite après que le pourcentage de cerises attaquées, ayant des restes du parasite et des parasites vivants (taux de parasitisme total = %Pt) a atteint le maximum.

Discussion:

La coïncidence de l'accroissement du taux de parasitisme et la baisse de la densité moyenne de la population de *H. hampei* dans une cerise pourrait nous faire conclure que cette baisse provient de l'accroissement du taux de parasitisme, mais nous devons tenir compte du fait que la baisse de la densité de la population des scolytes par cerise attaquée résulte également du degré de maturité des cerises.

A cause de ce degré de maturité plus élevé, les cerises sont plus desséchées et elles offrent un milieu moins favorable aux scolytes pour la reproduction (TICHELER, 1961). Par conséquent, la densité plus faible de la population de *H. hampei* par cerise attaquée ne peut certainement pas être attribuée tout à fait à la présence de son parasite. Par ailleurs, nous avons constaté que corrélativement avec la baisse de la densité de la population de *H. hampei* par cerise infestée, le taux de parasitisme actuel diminue rapidement.

A l'aide de nos observations, nous pouvons aussi confirmer la supposition de TICHELER, pour qui la mortalité de *H. hampei* causée par *C. stephanoderis* à la fin de la saison de café est moins importante que la mortalité causée par la qualité inférieure et la quantité amoindrie des cerises présentes. Par ce manque de nourriture pour les adultes et par la sécheresse des cerises qui freinent considérablement la reproduction des scolytes, la population de *H. hampei* dans les parcelles s'écroulera, dès la fin de la saison, jusqu'au début de la nouvelle saison de café, même s'il n'y a pas de parasites.

7.2. POPULATIONS PENDANT L'INTERCAMPAGNE

Ayant pour objectif une étude plus détaillée du développement des populations du parasite et du scolyte, nous avons appliqué une autre méthode d'échantillonnage dans la partie T₀ de la parcelle I (R. INEAC) que celle indiquée au paragraphe 3.1.3.

Toutes les semaines ou tous les quinze jours, nous y avons récolté toutes les

cerises mûres de 5 arbustes choisis au hasard (2% de tous les arbustes de T₀). Nous avons déterminé le nombre moyen de cerises mûres par arbuste et le pourcentage moyen de cerises récoltées, infestées (%A) au moment de l'échantillonnage. En outre nous avons calculé le pourcentage de cerises noires (%N). De chaque caféier récolté étaient prises 100 cerises attaquées et leur contenu était examiné.

Ces examens de 5 × 100 cerises nous ont permis de déterminer le contenu moyen d'une cerise attaquée. Une distinction entre des cerises avec ou sans traces de *C. stephanoderis* a été faite. Les cerises ayant des traces du parasite étaient examinées pour savoir si, au moment de l'observation, elles contenaient encore des parasites vivants. Cela nous a permis de déterminer le taux de parasitisme actuel (pourcentage de cerises attaquées contenant des parasites vivants = Pa).

Les résultats de cet échantillonnage sont reportés au tableau 29.

Le pourcentage de cerises attaquées ayant des parasites vivants se trouve être en corrélation étroite avec le nombre moyen de scolytes vivants par arbuste (Coeff. de corrél. = + 0,85; n = 13) et avec le nombre moyen de scolytes vivants dans des cerises non parasitées (coeff. de corrél. = + 0,91; n = 13).

7.3. MORTALITÉ DES SCOLYTES

A l'aide des données, acquises par l'échantillonnage de la partie T₀ de la parcelle I, il nous est possible de comparer la mortalité des scolytes adultes des cerises, n'ayant pas de traces de *C. stephanoderis* avec la mortalité des scolytes adultes de cerises ayant des traces de l'hyménoptère.

La mortalité sera définie par le nombre d'adultes morts (AM) présents dans une cerise, divisé par le nombre total de scolytes vivants (AV) plus les scolytes morts (AM) multiplié par 100.

Pour les cerises attaquées non parasitées cette mortalité (MSC) est:

$$MSC = \frac{AM}{AV + AM} \cdot 100\%$$

Pour les cerises attaquées et parasitées par *C. stephanoderis* la mortalité des scolytes se représente, de la même manière, par la formule:

$$MAC = \frac{am}{av + am} \cdot 100\%$$

et pour la mortalité moyenne des scolytes d'un arbuste, nous avons donc la formule:

$$MOM = \frac{\Sigma AM}{\Sigma AV + \Sigma AM} \cdot 100\%$$

TABLEAU 29. Résultats des échantillonnages de 5 arbustes de la partie T₀ de la parcelle I (R. INEAC).

Date	D	C _t	nombre moyen de cerises par arbuste		% de cerises attaquées et parasitées	% de cerises attaquées et parasitées	nombre moyen d'adultes de <i>H. hampei</i> par cerise		nombre moyen du total des adultes de <i>H. hampei</i> par arbuste								
			total	cerises attaquées et parasitées			cerises sans parasites		cerises avec parasites		vivants	morts	ΣAM	ΣAV	vivants	morts	ΣAM
							CA	CAP	%A	%P _t							
29/12	31	2342	2132	6	91	0,3	0,3	3,8	0,0	0,0	0,1	9661	37				
11/1	33	4143	3517	17	85	0,5	0,5	5,4	0,1	4,3	12,3	19967	303				
26/1	35	3403	3351	250	98	7,5	7,4	9,6	0,2	3,1	11,1	30397	3859				
2/2	36	5151	5123	800	99	15,6	13,8	13,7	0,5	5,1	10,7	52156	10776				
7/2	37	2297	2297	429	100	18,7	15,9	15,7	2,1	10,1	18,7	32258	9877				
15/2	38	3643	3643	1173	100	32,2	26,3	16,1	4,9	7,8	18,2	46915	27353				
29/2	40	5630	5630	1456	100	25,9	8,6	8,8	10,0	4,1	23,6	46478	63155				
14/3	42	1664	1664	503	100	30,3	3,2	7,6	12,9	4,8	21,5	9520	24767				
28/3	44	1230	1230	291	100	23,6	2,2	5,6	14,2	3,5	25,6	5125	21186				
11/4	46	1760	1760	313	100	17,8	2,0	2,8	14,4	2,4	18,1	4284	26495				
25/4	48	1744	1744	340	100	19,5	0,4	1,4	15,2	1,2	20,5	1923	29489				
9/5	50	1946	1946	345	100	17,7	0,6	1,3	16,4	0,7	22,8	2245	34545				
24/5	52	1511	1511	232	100	15,3	0,4	0,4	11,9	0,3	19,8	430	23238				

TABLEAU 30. Mortalité des adultes de *H. hampei* dans les cerises noires de R. INEAC dans le traitement T₀.

D	Mortalité des adultes de <i>H. hampei</i> dans les cerises noires:			% de cerises attaquées et parasitées (parasites vivants)	différence entre les colonnes (1) et (2)
	(1) en moyenne par arbuste	(2) dans les cerises sans <i>C. stephanoderis</i>	(3) dans les cerises avec <i>C. stephanoderis</i>		
	MOM	MSC	MAC	Pa	MOM-MSc
31	0,3%	—	—	0,3	0,3
33	1,5	0,7	74,1	0,5	0,8
35	11,3	2,0	78,2	7,4	9,3
36	17,1	3,5	67,7	13,8	13,6
37	23,4	11,8	64,9	15,9	11,6
38	36,8	23,3	70,0	26,3	13,5
40	57,6	53,1	85,2	8,6	4,5
42	72,2	62,9	81,7	3,2	9,3
44	80,5	71,7	88,0	2,2	8,8
46	86,1	83,7	88,3	2,0	2,4
48	93,9	91,5	94,5	0,4	2,4
50	93,9	92,6	97,0	0,6	1,3
52	98,2	96,7	98,5	0,4	1,5

n = 13
Coeff. de corr. = +0,81
Regr. lin. = +1,29

Les mortalités calculées ainsi sont réunies au tableau 30.

Nous avons tracé un graphique des mortalités calculées MOM et MSC et du taux de parasitisme actuel (Pa) dans la figure 8.

Nous remarquons qu'il y a, au début, un parallélisme entre la courbe rendant la mortalité des scolytes adultes dans des cerises sans parasite et la courbe rendant le pourcentage de cerises mûres devenues noires. Cela porte à croire que la mortalité des scolytes dans les cerises non parasitées est au début en corrélation étroite avec le degré de maturité des cerises, même s'il n'y a pas de parasites.

La différence, déterminée à des dates différentes, entre la mortalité des scolytes dans les cerises infestées non parasitées et la mortalité moyenne dans toutes les cerises attaquées (MOM-MSc), est en corrélation étroite avec le pourcentage de cerises attaquées ayant des parasites vivants (%Pa). Cela signifie, qu'à la fin de la saison de café, lorsque le taux de parasitisme actuel est très bas, la différence indiquée ci-haut est également minime.

Il en résulte que l'effet du parasite (voir le paragraphe suivant) sur la population des scolytes devient moins important à mesure que les cerises qui restent aux arbustes atteignent un plus haut degré de maturité.

Il est vrai que, lorsqu'à la fin de la saison, le taux de parasitisme actuel diminue, le pourcentage de cerises attaquées dans lesquelles le parasite vit,

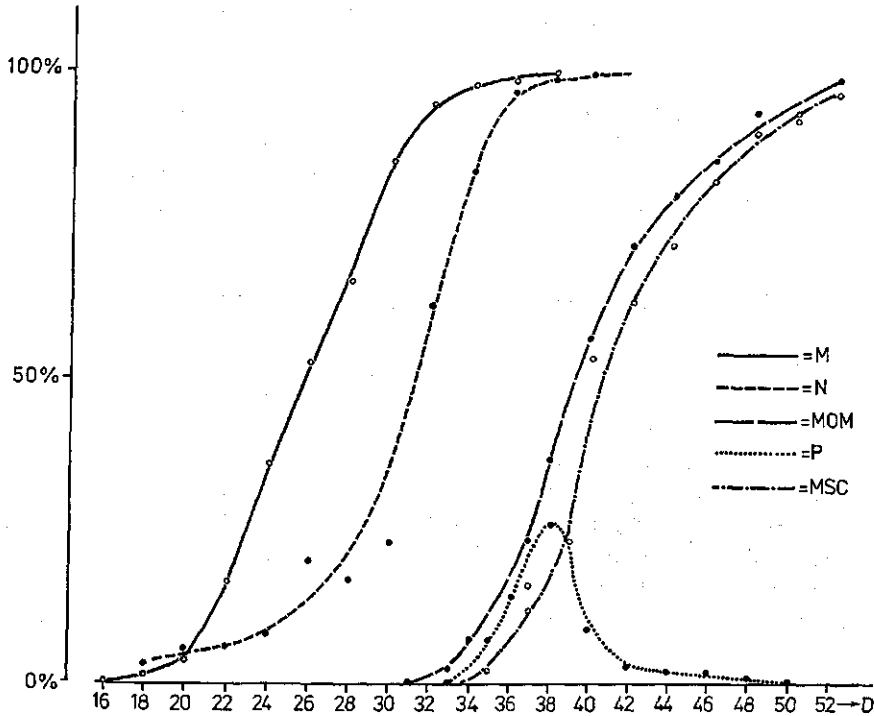


FIG. 8. Maturation des cerises; mortalité des scolytes adultes et parasitisme dans les cerises attaquées (dans la partie T₀ de la parcelle avec R. INEAC).

M: Maturation des cerises

N: Pourcentage de cerises mûres, et noires dans un échantillon de cerises pris dans le traitement T₀.

MOM: Mortalité moyenne des adultes de *H. hampei* par arbuste dans les cerises noires.

P: Pourcentage de cerises attaquées et occupées par des parasites vivants.

MSC: Mortalité des adultes de *H. hampei* dans les cerises noires sans parasites: *C. stephanoderis*.

ou a vécu (% Pt), reste élevé (20 à 30%) pendant une assez longue période; le parasite ayant disparu de la majorité de ces cerises attaquées et parasitées, elles ne contribuent plus guère à un relèvement de la mortalité moyenne des scolytes dans le total d'un arbuste ou d'une partie d'une parcelle de caféiers.

Plus tard dans la saison ($D > 41$) l'augmentation de la mortalité (MSC) reste en arrière auprès de l'accroissement du degré de maturité des cerises.

Pour ce phénomène, nous pouvons donner l'explication suivante:

Dans la période avant $D = 41$, les cerises sont très peuplées non seulement par des scolytes adultes, mais surtout par leur couvain. Cela prouve que dans cette période, de jeunes scolytes adultes ne cessent de se former. La mortalité de ces jeunes scolytes sera élevée; 1° par la grande densité de population dans une cerise causant plus vite un manque de nourriture et qui entraîne les scolytes à

s'entretenir; 2° de toute probabilité, les jeunes scolytes adultes sont moins viables que les scolytes ayant déjà atteint un certain degré de maturité. Dans la période après $D = 41$, la densité de la population des scolytes par cerise attaquée est sensiblement moins élevée, ce qui fait que la concurrence entre les scolytes a diminué. En outre, les scolytes les plus viables sont restés en vie.

Toutes ces raisons impliquent que la mortalité des scolytes dans la période ultérieure à $D = 41$, augmentera moins vite que dans la période antérieure.

7.4. EFFET DU PARASITE SUR LA POPULATION DES SCOLYTES

7.4.1. Méthodes

En vue d'utiliser *C. stephanoderis* dans une lutte biologique contre *H. hampei*, il convient de connaître l'effet de la présence du parasite dans une parcelle sur les nombres d'hôtes de cette parcelle.

Nous définissons cet effet du parasite (= EP) comme suit: EP est le nombre de scolytes vivants présents au moment D dans une parcelle sans parasites (x), duquel est déduit le nombre de scolytes vivants présents au moment D dans une parcelle comparable avec parasites (y), exprimé en pourcentage du nombre total de scolytes vivants au moment D dans la parcelle sans parasites. Donc,

$$EP = \frac{x-y}{x} \cdot 100$$

Nous avons vu que la population de *C. stephanoderis* se développe presque uniquement dans la période après la maturation des cerises et lorsque, par surcroît, le pourcentage d'attaque est stationnaire (90 à 100%).

En étudiant le comportement de *C. stephanoderis*, nous avons constaté aussi que les parasites adultes ne se déplacent d'une cerise à l'autre que pendant la période de la préoviposition (3 à 4 jours) et que le parasite, une fois la ponte commencée, restreint ses activités à une seule cerise.

En tenant compte de ces données et à l'aide des données acquises par l'échantillonnage de la partie T_0 de la parcelle I (R. INEAC), nous pouvons faire, de deux manières, une évaluation de l'effet que la présence de *C. stephanoderis* a eu sur la population des scolytes vivants dans cette parcelle de caféiers.

1° Nous pouvons admettre que, lorsqu'un parasite s'établit dans une cerise attaquée, il n'en sort presque plus de scolytes et que tous les scolytes vivants dans cette cerise au moment D ne peuvent plus contribuer à un plus grand développement de la population de scolytes dans le groupe des cerises auquel appartient cette cerise attaquée et parasitée.

Il en résulte que lorsqu'au moment D dans la période après la maturation des cerises, le pourcentage de cerises infestées contenant des parasites vivants est équivalent à P_a , la population des scolytes adultes dans ces cerises est réduite de $P_a\%$; en d'autres termes, le taux de parasitisme actuel est en même temps une évaluation du pourcentage de scolytes tués par *C. stephanoderis*. (EP_1).

2° Nous partons d'une parcelle de caféiers où, au moment D après la maturation des cerises, le nombre de cerises attaquées par *H. hampei* équivaut à N, et Pt% de N contient des traces de *C. stephanoderis*; c.a.d. que le parasite est encore présent ou a été présent dans ces cerises. Si le nombre moyen de scolytes vivants dans les cerises ne présentant pas de traces du parasite, équivaut à AV et que dans les cerises qui ont été visitées par *C. stephanoderis*, le nombre de scolytes encore vivants équivaut en moyenne à av; nous calculons que le nombre de scolytes vivants au moment D dans la parcelle correspond à

$$\frac{N \cdot (100 - Pt)}{100} \cdot AV + \frac{N \cdot Pt \cdot av}{100} = y$$

Pour une parcelle où il n'y a pas de parasites (Pt = 0), nous calculons que le nombre de scolytes vivants au moment D:

$$N \cdot AV = x$$

L'effet du parasite est par conséquent:

$$\frac{x - y}{x} \cdot 100\% = EP_2 = Pt \cdot \frac{AV - av}{AV}$$

Nous avons calculé les valeurs EP₁ et EP₂ au moyen des données du tableau 29.

Ces valeurs sont reportées au tableau 31.

TABLEAU 31. Effet du parasite sur la population des scolytes vivants dans T₀ de la parcelle I, calculé selon deux méthodes.

D	EP ₁	EP ₂	moyenne
33	0,5	0,1	0,3
35	7,4	5,1	6,2
36	13,8	9,9	11,8
37	15,9	6,7	11,3
38	26,3	16,5	21,4
40	8,6	13,7	11,1
42	3,2	11,2	7,2
44	2,2	8,7	5,5
46	2,0	2,6	2,3
48	0,4	2,0	1,2
50	0,6	7,6	4,1
52	0,4	6,6	3,5

7.4.2. Discussion

Les résultats des deux méthodes utilisées pour déterminer l'effet du parasite s'écartent tant soit peu les uns des autres et cela pour deux raisons:

1° Lors de la première méthode, nous sommes parti du postulat suivant: au moment D, les scolytes encore vivants et présents dans les cerises où *C. stephanoderis* est actif ne contribuent plus au développement des populations de *H. hampei*. Mais strictement parlant, ces scolytes encore vivants au moment D appartiennent à la population entière des scolytes vivants, et les valeurs EP_1 calculées devancent un peu la situation réelle. Cela se présente surtout lorsque la population du parasite est encore en développement. Dans cette période, la plupart des parasitismes sont récents et la mortalité des scolytes adultes dans les cerises ayant des parasites est encore basse.

2° En calculant les EP_2 , nous nous sommes servi de la valeur 'av' qui exprime le nombre moyen de scolytes vivants présents dans une cerise qui, au moment D, est - ou a été - parasitée par *C. stephanoderis*. Et puisqu'à la fin de la saison, il y a un manque de cerises pour les scolytes, nous pouvons admettre que les autres cerises encore intactes sont attaquées par les scolytes et que même certaines cerises sont infestées une deuxième fois. Ce qui implique que les cerises qui ont été visitées plus tôt par les parasites et dans lesquelles tous les scolytes ont été tués par l'hyménoptère, sont repeuplées à nouveau par les scolytes. Par conséquent, les valeurs moyennes pour av ne sont plus tout à fait représentatives du nombre de scolytes vivants et non tués par le parasite avant sa disparition de la cerise. Cela se présente surtout quand la population du parasite est en baisse et qu'il a toujours plus de cerises visitées et abandonnées par le parasite. En d'autres termes, dès le moment $D = \pm 40$ les valeurs calculées pour l'effet du parasite (EP_2) seront plus élevées qu'en réalité.

Les deux méthodes utilisées donnent cependant la même indication: l'effet du parasite sur la population de scolytes vivants dans un arbuste ou dans une parcelle diminue au fur et à mesure que la saison avance.

Malgré le fait que le pourcentage de cerises qui est ou a été parasité par *C. stephanoderis* reste élevé (20 à 30%) pendant une très longue période, l'effet de la présence du parasite sur la population de scolytes vivants diminue. C'est ce qui explique que la réduction de $\pm 5\%$ de la population de scolytes adultes à la fin de la nouvelle saison de café est en fait due à l'activité de *C. stephanoderis* pendant la saison précédente.

8. DISCUSSION GÉNÉRALE

A. Sensibilité des différentes variétés de café à l'attaque par *H. hampei*

De deux manières nous avons démontré que dans les conditions de Divo, la variété Kouilou est considérablement moins sensible à l'attaque de *H. hampei* que les variétés R. INEAC et R. Ebobo. C'était une découverte d'autant plus curieuse que dans la littérature (LEEFMANS, 1923a; PORTÈRES, 1959), la variété Kouilou est connue comme une variété très sensible à l'attaque du scolyte.

Les méthodes utilisées pour mesurer cette sensibilité sont, à notre avis, la cause de cette contradiction. Aussi bien dans le travail de LEEFMANS (Indonésie) que dans celui de PORTÈRES (Côte d'Ivoire) nous ne trouvons pas de description claire des méthodes utilisées pour déterminer la sensibilité.

LEEFMANS a essayé d'attribuer cette sensibilité à la capacité de reproduction du scolyte dans les cerises, mais il n'a pas suffisamment tenu compte de la qualité des cerises. Or, cette qualité n'est pas constante au cours de toute la saison. A cela s'ajoute que la variété Kouilou est une variété très précoce. Par conséquent, en comparant les variétés, LEEFMANS n'a pas tenu compte de la différence qui existe dans l'état physiologique des cerises d'une variété par rapport à celui d'une autre, puisque ces cerises sont récoltées à la même date de l'année civile et de plus, à partir de parcelles disséminées dans différents biotopes.

FRIEDERICH (1924) a déjà douté de la sensibilité élevée à l'attaque dans la variété Kouilou, mais il n'a pas non plus tenu compte des facteurs précités en faisant des observations comparatives avec des variétés de café différentes.

Nous avons paré à ce problème en comparant l'attaque et le contenu de cerises qui sont récoltées à des moments comparables de la période de maturation des variétés. La comparaison, ainsi faite, prouve nettement que dans la variété Kouilou, l'attaque progresse moins vite que dans les autres variétés.

Ce résultat est encore appuyé par l'observation que nous avons faite en démontrant que la qualité des cerises de la variété Kouilou est moins favorable à la reproduction du scolyte que celle des variétés R. INEAC et R. Ebobo.

B. Influence du parasite sur la population de *H. hampei*

Etant donné que *H. hampei* est pris par *C. stephanoderis* comme hôte pour la ponte (comportement parasitaire) et comme proie pour sa nourriture (activité prédatrice), nous nous sommes demandé comment ces deux facteurs sont compatibles.

Nos recherches ont démontré que le parasite est principalement trouvé dans des cerises où ces deux activités peuvent s'accomplir; en effet, le parasite se présente sur le terrain dans les cerises attaquées au moment où il y a largement

de couvain et de scolytes adultes. La vitesse de développement du parasite et celle de son hôte ne diffèrent pas beaucoup l'une de l'autre et la longévité du parasite adulte et celle du scolyte se recouvrent assez bien. En plus, un parasite adulte ne vit que dans une cerise attaquée. Tout cela indique qu'il y a une synchronisation parfaite entre le parasite et *H. hampei*.

La période où la densité de la population de *C. stephanoderis* est élevée est très courte, car il arrive un temps, où la population de l'hôte doit lutter contre un manque de nourriture et vieillit alors rapidement; le parasite, à ce moment, a peu de chance de se reproduire. Il en découle que la présence de *Cephalonomia stephanoderis* ne réduira que d'un pourcentage faible (voir tableau 31) la population de scolytes que l'on retrouve à la saison suivante, parasitant de nouvelles graines de café. C'est pourquoi nous ne pensons pas que *C. stephanoderis* soit un insecte entomophage utile pour la lutte biologique dans les préservations des graines de café.

Il n'est même pas impossible que, par la présence du parasite à la fin de la saison et la chute rapide de cette population de parasites à un niveau très bas, les scolytes restés aient une plus grande chance de survie. En effet, ces scolytes auront la chance de trouver sur le terrain des cerises encore plus ou moins intactes par le fait bénéfique qu'elles n'ont été détruites qu'en partie par des scolytes qui y ont vécu précédemment et qui ont été tués par *C. stephanoderis*.

On voit ainsi, que *C. stephanoderis* favorise en partie le maintien de la population du scolyte pendant l'intercampagne.

9. RÉSUMÉ

INTRODUCTION

Parmi les parasites connus de *Hypothenemus hampei* Ferr. (syn. *Stephanoderes hampei* Ferr.), scolyte des graines de café, l'hyménoptère *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Bethyridae), pourrait être très intéressant en vue d'une lutte biologique contre ce scolyte nuisible. Remarquons que ce dernier sert à la fois de proie et de 'milieu d'élevage' pour *C. stephanoderis*. Ces faits semblent, à première vue, incompatibles pour assurer un développement normal des populations du parasite.

Le but de nos recherches était d'examiner, en premier lieu, à quel point ces deux facteurs s'influencent mutuellement. (Chapitre 6.5). En outre, nous avons étudié l'influence de *C. stephanoderis* sur les populations des scolytes dans une plantation de caféiers; mais il était d'abord nécessaire d'étudier d'une façon précise la relation entre l'insecte nuisible *H. hampei* et sa plante-hôte.

Il était connu que l'attaque des cerises s'explique en fonction de la densité de la population de *H. hampei* (TICHELER, 1961); mais la sensibilité à l'attaque des cerises en fonction des variétés, des saisons et des traitements, n'était guère étudiée.

Dans nos parcelles expérimentales de l'I.F.C.C. en Côte d'Ivoire, nous avons suivi la progression de l'attaque des cerises de café par les scolytes dans trois variétés différentes, pendant deux saisons successives et dans des conditions (traitements et situations) comparables (chapitre 5).

Comme méthode expérimentale, nous avons pratiqué une cueillette de cerises mûres tous les quinze jours (T_2) ou toutes les quatre semaines (T_4). Une partie de chaque parcelle où aucune récolte n'a été réalisée, était le témoin (T_0).

RELATION: PLANTE-HOTE - INSECTE NUISIBLE

Les différences entre les diverses variétés de café utilisées pour cette recherche sont discutées (chapitre 4). Des trois variétés étudiées, la variété Kouilou était connue pour être la plus sensible à l'attaque de *H. hampei* (LEEFMANS, 1923a; PORTÈRES, 1959). Toutefois, nos expériences ont démontré, qu'en fait, cette variété est moins attaquée que les deux autres; Robusta INEAC et Robusta Ebobo.

Pour tester les différences de sensibilité des variétés impliquées, des tests dits monocycliques et des tests polycycliques (ZADOKS, 1972) furent appliqués (chapitre 5.3.). Le cycle d'infestation du café par les insectes nuisibles comporte les séquences suivantes:

Les insectes d'une génération pénètrent dans les graines, y pondent des oeufs qui s'y développent et donnent naissance à de jeunes adultes qui, à leur tour, iront parasiter d'autres graines.

Le test monocyclique comprend un cycle d'infestation sur une cerise-hôte. Pour comparer les résultats des différents tests, on a utilisé, comme contrôle ou comme valeur de comparaison, la variété qui est la plus sensible à l'attaque des scolytes. Les données relatant les facteurs de résistance mesurés ont été traduites en un index de résistance relative.

Les tests polycycliques mesurent la sensibilité des variétés sur le terrain où les populations de plantes-hôtes (cerises d'un arbuste ou d'une plantation) sont infestées par plusieurs générations de scolytes.

Il est démontré que dans la variété Kouilou, certains facteurs sont défavorables pour le développement du scolyte; ainsi, il fut prouvé que la résistance partielle de cette variété est due à certaines propriétés des graines néfastes aux scolytes.

RELATION: INSECTE NUISIBLE - PARASITE

L'étude de l'action prédatrice de *C. stephanoderis* d'une part et du parasitisme de cet insecte d'autre part a révélé que ces deux activités s'influencent l'une l'autre lorsque les proies sont rares. De plus, il fut montré que l'activité prédatrice et l'activité parasitaire de *C. stephanoderis* sont confinées à la population de *H. hampei* d'une seule cerise. La vitesse de développement et la longévité de l'adulte correspondent dans une large mesure à celles de l'hôte (chapitre 6).

Des expériences sur le terrain ont montré que le parasite est plus abondant quand la population hôte est à son maximum. Cette période, où la population de *C. stephanoderis* est importante, est très courte car les hôtes disparaissent à la fin de la saison de café, par manque de nourriture et de milieu nécessaire à la ponte. A ce moment, la population du parasite décroît rapidement (chapitre 7).

Effet du parasite

L'effet du parasite sur la population des scolytes vivants a été étudié dans une plantation où aucune récolte de cerises n'a été effectuée. Dans ces circonstances, nous avons calculé l'effet de deux manières, (1° à partir du taux du parasitisme Pa; 2° à partir de la mortalité des scolytes observée dans les cerises), en comparant la situation dans la plantation donnée (avec *C. stephanoderis*) avec une situation théorique (plantation comparable sans parasites).

La conclusion est que la présence de *C. stephanoderis* entraîne une diminution de la population de *H. hampei* à la fin de la saison de 20 à 30%, mais que cet effet n'est plus que 5% pendant l'intercampagne (chapitre 7.4.).

Toutefois, malgré l'apparence bénéfique de *C. stephanoderis* pour les plantations de café, il ressort de notre étude que ce parasite pourrait être favorable au maintien de la population du scolyte entre deux saisons de café (chapitre 8).

10. SUMMARY

Abundance of *Hypothenemus hampei* Ferr. (Scolytidae: Coleoptera), the coffee berry borer in relation to its host plant and to its parasite *Cephalonomia stephanoderis* Betrem (Bethylinidae: Hymenoptera)

INTRODUCTION

The discovery of *Cephalonomia stephanoderis* BETREM, a new parasite of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* FERR. (syn. *Stephanoderes hampei* Ferr.), seemed to open new prospects for biological control of the pest.

However the phenomenon that *C. stephanoderis* uses *H. hampei* both as prey and host for oviposition made us suppose that the parasite had particular relations with its host, in order to enable both insects to survive. The main reason of this study was to examine this relationship.

To estimate the effect of the parasite on the population of *H. hampei* and therefore on the attack of coffee, a study of component factors in this attack was necessary and therefore of the relationship between hostplant and harmful insect.

TICHELER (1961) had shown that the attack on coffee berries depended on the population density of *H. hampei* in the field, but the susceptibility of different coffee varieties to attack by this insect was hardly known.

In our field trials at Institut Français de Café et Cacao (IFCC) in the Ivory Coast, the progress of the attack on the berries was studied in three varieties (Robusta INEAC, Robusta Ebobo and Kouilou) during two subsequent coffee seasons (chapter 4.).

Particular attention was paid to the influence of regular harvesting of the ripe berries (every 2 or 4 weeks) on the progress of the attack. The same was studied in a part of the plots where no berries were harvested.

FACTORS IN THE RELATIONSHIP: HOSTPLANT TO PEST INSECT. (CHAPTER 5.)

Of the three varieties, Kouilou was known to be most susceptible to attack by *H. hampei* (LEEFMANS, 1923a; PORTÈRES, 1959). However, in our trials Kouilou turned out to be definitely less susceptible than the two other varieties.

To assess the differences in susceptibility of the varieties, use was made of 'monocyclic' and 'polycyclic' tests (ZADOKS, 1972). 'Cyclic' stands for the sequence of processes from the entrance of the insect into the coffee berry through egg laying to the emergence of its offspring from the berry. To compare the results of the different tests, the most susceptible variety was used as

control. The results of the tests measuring the components of susceptibility were used to compose an index of susceptibility.

In the polycyclic tests, the susceptibility of the variety was assessed in the field where the host (fruits of a tree or of a plantation) were infested by several generations of beetles.

Certain components contribute less to the progress of attack in the field in Kouilou than in the two other varieties. This proved that partial resistance of Kouilou to attack by *H. hampei* is due to certain properties of the seeds in the berries.

The seeds of the variety Kouilou are less suitable for the scolytid, than seeds of the varieties R. INEAC and R. Ebobo.

FACTORS IN THE RELATIONSHIP OF THE PEST INSECT TO ITS PARASITE (CHAPTER 6.)

In the study of the bionomy of *Cephalonomia stephanoderis*, the conditions were investigated for predation and oviposition. These two activities influenced one another only when prey was scarce. The parasitic and predatory activities of *C. stephanoderis* were confined to the population of *H. hampei* on only one berry.

The rate of development and longevity of the adult parasite accord well with those of the host.

Field trials showed that the parasite was most abundant when the host population was at its peak. There is only a short period when *C. stephanoderis* is abundant, since the population of the host *H. hampei* decreases because of food scarcity and lack of appropriate conditions for egg laying (chapter 7).

EFFECT OF THE PARASITE ON THE PEST

The effect of presence of the parasite on the population of living pest hosts was studied in parts of the plots that were not disturbed by picking the coffee berries. This effect was estimated in two different ways:

- By using the proportion of infested berries containing living parasites (%Pa).
- By estimating the mortality of beetles in the berries.

Both estimates show that the population of *H. hampei* decreases by 20-30%, because of the presence of *C. stephanoderis* at the end of the coffee season, but this effect falls to 5% in the period between seasons.

In conclusion, the presence of the parasite in a coffee plantation could exert a favourable influence on the persistence of a population of *H. hampei* between seasons.

11. SAMENVATTING

Toen TICHELER in 1960 in Ivoorkust een nieuwe parasiet (*Cephalonomia stephanoderis* Betrem) ontdekte van de koffie bessenkever *Hypothenemus hampei* Ferr. (syn. *Stephanoderes hampei* Ferr.), leken nieuwe mogelijkheden te zijn ontstaan voor een biologische bestrijding van deze kever. Alvorens tot bestrijdings-proeven met *Cephalonomia stephanoderis* (Hymenoptera, Bethyliidae) over te gaan, was het gewenst het gedrag en de phenologie van de parasiet nader te bestuderen. Het verschijnsel dat *C. stephanoderis* de poppen van *H. hampei* gebruikt als waard (voor de ovipositie) en de imago als prooi (voor zijn voeding), doet veronderstellen dat deze parasiet bijzondere relaties heeft met zijn waard, opdat beide insecten kunnen blijven voortbestaan.

Het doel van dit onderzoek was op de eerste plaats deze relaties (PARASIET-WAARD) te bestuderen.

Om vast te stellen hoe groot het effect is dat de parasiet heeft op de populatie van *H. hampei* en dus op de aantasting van de koffiebossen, moesten we een studie maken van de factoren die de aantasting beïnvloeden (relatie: INSEKT-VOEDSELPLANT). Door TICHELER (1961) was reeds aangetoond dat de aantasting van de koffiebossen afhankelijk is van de populatiedichtheid van *H. hampei*, maar verder was weinig bekend omtrent de gevoeligheid van diverse koffievariëteiten voor de aantasting.

In de proefpercelen van het I.F.C.C. (Ivoorkust), hebben we in drie verschillende variëteiten (Robusta INEAC, Robusta Ebobo en Kouilou) de ontwikkeling gevolgd van de aantasting der bessen gedurende twee opeenvolgende seizoenen (Hoofdstuk 4). De omstandigheden waaronder de proeven werden uitgevoerd waren voor de drie variëteiten gelijk.

Bijzondere aandacht werd besteed aan de invloed die het regelmatig plukken van de rijpe bessen (om de twee of vier weken) heeft op de ontwikkeling van de aantasting. Genoemde ontwikkeling werd tevens bestudeerd in een gedeelte van de percelen, waar de bessen niet werden geoogst.

RELATIE: SCHADELIJK INSEKT – WAARDPLANT. (Hoofdstuk 5)

Aangegeven wordt welke koffievariëteiten in het onderzoek werden betrokken en in welke eigenschappen deze variëteiten van elkaar verschillen (Hoofdstuk 4). Men meende dat van de drie variëteiten die in dit onderzoek zijn betrokken, Kouilou het meest gevoelig was voor de aantasting door *H. hampei* (LEEFMANS, 1923a; PORTÈRES, 1959). In onze experimenten bleek Kouilou echter duidelijk minder vatbaar te zijn dan de twee variëteiten R. INEAC en R. Ebobo.

Om de verschillen in gevoeligheid van de variëteiten duidelijk aan te geven werd gebruik gemaakt van de zgn. monocyclische en polycyclische toetsen

(ZADOKS, 1972). Een aantastingscyclus bestaat uit de opeenvolging van processen die verlopen gedurende één generatie van het insect (van het binnendringen in een koffiebes af, tot de aantasting van andere koffiebesen door de nakomelingen).

De monocyclische toets heeft betrekking op slechts één aantastingscyclus en vergelijkt de gevoeligheid van de verschillende variëteiten met elkaar. De meest gevoelige variëteit wordt daarbij gebruikt als controle. De resultaten van de experimenten waarin de componenten worden gemeten die de gevoeligheid beïnvloeden, worden samengevat in een index, die de relatieve gevoeligheid weergeeft van de variëteiten.

De polycyclische toets meet het verschil in gevoeligheid in het veld, waar de aantasting zich ontwikkelt gedurende meerdere cycli en heeft betrekking op een hele populatie van waardplanten (bessen aan één of meer struiken).

Er kon worden aangetoond dat in de variëteit Kouilou enkele componenten een minder grote bijdrage leveren tot de ontwikkeling van de aantasting in het veld dan de overeenkomstige componenten in de twee andere variëteiten. Ook kon worden vastgesteld dat de gedeeltelijke resistentie van Kouilou tegen de aantasting van *H. hampei* te danken is aan bepaalde eigenschappen van de zaden in de bessen. De zaden van Kouilou zijn een minder geschikte voeding voor het broed van de kever dan de zaden van R. Ebobo en R. INEAC.

BIONOMIE EN GEDRAG VAN DE PARASIEET (hoofdstuk 6)

De bionomie van *C. stephanoderis* werd bestudeerd waarbij bijzondere aandacht is besteed aan de ovipositie en de predatie. Deze twee activiteiten van de parasiet bleken elkaar alleen te beïnvloeden als de prooi schaars was.

Verder werd vastgesteld dat de predatie en de ovipositie van een parasiet plaats vinden in één door *H. hampei* aangetaste bes.

De ontwikkelingsduur en de gemiddelde levensduur van de adulte parasiet bleken sterk in overeenstemming te zijn met die van de waard.

POPULATIES VAN DE WAARD EN ZIJN PARASIEET IN HET VELD (Hoofdstuk 7)

Uit waarnemingen in het veld is komen vast te staan dat de parasiet in het veld talrijk wordt, wanneer de waardpopulatie maximaal is. De periode waarin de parasiet *C. stephanoderis* het talrijkst is, is slechts kort, doordat de populatie van de waard *H. hampei* minder wordt door gebrek aan voedsel en doordat de condities voor ovipositie verslechteren.

Effect van de parasiet

Het effect van de aanwezigheid van de parasiet (paragraaf 7.4.) op de populatie van de levende scolytiden in het veld, werd door ons bestudeerd in die gedeelten van de proefpercelen die niet werden verstoord door het oogsten van de koffiebossen. Onder deze omstandigheden werd op twee manieren van dit effect een schatting gemaakt:

- 1° Uitgaande van het percentage van de aangetaste bessen waarin levende parasieten werden aangetroffen (% Pa).
- 2° Uitgaande van de mortaliteit onder de scolytiden in de bessen.

Beide schattingen tonen aan dat door de aanwezigheid van *C. stephanoderis* aan het eind van het koffieseizoen de populatie van *H. hampei* met 20 tot 30% wordt verminderd, maar dat dit effect tot minder dan 5% daalt tussen de twee koffie campagnes in.

In de slotconclusie (hoofdstuk 8) wordt gewezen op de mogelijkheid dat de aanwezigheid van de parasiet in een koffieplantage een gunstige invloed kan hebben op de instandhouding van de populatie van *H. hampei* gedurende de periode tussen twee koffieseizoenen.

12. REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à M. le professeur J. DE WILDE pour la confiance qu'il m'a témoignée en m'offrant la possibilité de préparer cette thèse. Son enthousiasme stimulant et ses conseils constructifs ont beaucoup contribué à la réalisation de cet ouvrage.

Que le CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE DE WAGENINGEN trouve ici l'expression de ma vive reconnaissance pour avoir bien voulu soutenir mon détachement au Centre Néerlandais en Côte d'Ivoire.

J'exprime ma reconnaissance dévouée à la DIRECTION GÉNÉRALE DE L'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE D'OUTRE-MER (O.R.S.T.O.M.), qui a eu la bienveillance de m'accorder la possibilité de faire mes recherches dans le laboratoire d'Entomologie du Centre d'Adiopodoumé. Il m'est un plaisir d'exprimer ma reconnaissance à la DIRECTION DU CENTRE D'ADIPODOUMÉ DE L'O.R.S.T.O.M., à MM. M. LUC, R. MAIGNIEN et J. TONNIER, ainsi qu'aux responsables des divers laboratoires et services, pour leur accueil et les facilités qu'ils m'ont accordées.

Mes bien vifs remerciements s'adressent surtout à mes collègues MM. A. POLLET, D. DUVIARD et J. PIARD pour l'intérêt qu'ils m'ont toujours porté.

La DIRECTION DU CENTRE DE BINGERVILLE DE L'I.F.C.C., les directeurs du Centre de Divo, MM. A. CARLIER et A. DURANDEAU, ainsi que l'entomologiste M. J. BAN, ont eu la bienveillance de mettre à ma disposition un terrain expérimental à Divo. Je leur en suis extrêmement reconnaissant.

Mes remerciements spéciaux s'adressent également à M. J. ZADOKS pour ses conseils qui m'ont été d'un très grand soutien.

Les stagiaires MM. R. RABBINGE, D. VAN DER BEEK, O. BRUINSMA et A. VAN HUIS m'ont été indispensables pour l'exécution de ce travail. Je leur en suis très reconnaissant. Au personnel africain j'adresse mes remerciements bien vifs; spécialement à MM. ZINGA GOÛN BENOÎT et BOULA-ABA SAVADOGO pour leur aide dévouée pendant la réalisation des expériences.

J'exprime ma profonde gratitude à ma femme pour sa contribution importante à la mise au point du texte français. La correction du texte a été faite par Mlle. J. NAISSE et M. P. VAN DYCK; leur aide m'a été très utile. Je suis très reconnaissant à M. C. NETSCHER et à M. J. RIGG pour leur contribution à la traduction du résumé en anglais.

Je suis très reconnaissant à M. M. KEULS pour ses conseils et sa collaboration aux analyses statistiques des résultats; à M. W. MIDDELPLAATS pour l'illustration graphique et à M. J. BRANGERT pour l'illustration photographique de ce travail.

13. BIBLIOGRAPHIE

- ANONYMUS, - 1972. Atlas de Côte d'Ivoire: Planche C1c. Service cartographique O.R.S.T.O.M. - Université Abidjan.
- BETREM, J. G., - 1961. *Cephalonomia stephanoderis* nov. spec. Ent. Ber. 23: 183-184.
- BROWNE, F. G., - 1963. Taxonomic notes on Scolytidae. Ent. Ber. 23: 53-59.
- EICHHOFF, W., - 1896. Remarks on the synonymy of some North American scolytid beetles. Proc. U.S. Nat. Mus. 18: 608.
- FINNEY, D. J., - 1962. Probit analysis; 2nd ed. Cambridge Univ. Press. 256pp.
- FRIEDERICHS, K., - 1924. Bionomische gegevens omtrent den koffiebesseboeboek. Meded. Koffiebesseboeboek-fonds 11: 261-281. Malang.
- FRIEDERICHS, K., - 1924. In hoeverre bestaan er verschillen in vatbaarheid der koffiesoorten voor den koffiebesseboeboek. Meded. Koffiebesseboeboek-fonds 11: 315-358. Malang.
- FRIEDERICHS, 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. Meded. Koffiebesseboeboek-fonds 13: 1-11. Malang.
- HAGEDORN, M., - 1910. Wieder ein neuer Kaffeeschädling. Ent. Bl. Biol. Syst. Käfer 6: 1-4 Berlin.
- HARGREAVES, H., - 1926. Notes on the coffee-berry-borer (*Stephanoderes hampei* Ferr.) in Uganda. Bull. Ent. Res. 16: 347-354.
- HOWE, R. W., - 1963. The random sampling of cultures of grainweevils. Bull. Ent. Res. 54: 135-146.
- LEEFMANS, S., - 1923a. De koffiebesseboeboek (*Stephanoderes hampei* Ferrari). I. Leefwijze en oecologie. Meded. Inst. v. PlZiekt. Buitenzorg I. 57: 94pp.
- LEEFMANS, S., - 1923b. Over den stand van den import der parasieten van de koffiebesseboeboek uit Uganda. Meded. Koffiebesseboeboek-fonds, Malang, 9: 191-201.
- LEEFMANS, S., - 1924. De koffiebesseboeboek. II. Bestrijding. Meded. Inst. v. PlZiekt. Buitenzorg 62: 99pp.
- 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 Caféiera. S. Paulo. Publ. 20: 95pp.
- PORTÈRES, R., - 1959. Valeur agronomique des caféiers des types Kouilou et Robusta cultivés en Côte d'Ivoire. Café-Cacao-Thé. 3: 3-13.
- SCHMITZ, G. et CRISINEL, P., - 1957. La lutte contre *Stephanoderes hampei* Ferr. Publ. I.N.E.A. C., sér. sci. 70: 156pp.
- SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G., - 1967. Statistical methods. 2nd ed. Ames, Iowa, U.S.A. 593pp.
- TICHELER, J. H. G., - 1961. Etude analytique de l'épidémiologie du scolyte des graines de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en Côte d'Ivoire. Meded. Landb. Hogesch. Wageningen, 61: (11), 1-49.
- DE TOLEDO, A. A., - 1942. Notas sobre a biologia de vespa de Uganda *Prorops nasuta* Waterst. (Hym. Bethyl.) no estado de S. Paulo-Brazil. Archos. Inst. Biol., S. Paulo 13: 233-260.
- DE TOLEDO PIZA JUNIOR, PINTO DA FONSECA, J., - 1935. *Heterospilus coffeicola* Schmied. parasita da broca do café, *Stephanoderes hampei* Ferr., Archos. Inst. Biol., S. Paulo 6: 179-199.
- WATERSTON, J., - 1923. Notes on parasitic Hymenoptera. Bull. Ent. Res. 14: 103-118.
- DE WILDE, J., BRADER, L., TICHELER, J., - 1964. Factors effecting host plant acceptance in some coleoptera. Proc. XIIth Int. Congr. Ent., London, 1964 (1965): 550-552.
- VAN DER WEELE, H. W., - 1910. Ein neuer javanischer Kaffeeschädling *Xyloborus coffeivorus* nov. spec., Bull. Dép. Agric. Indes Néerl. Buitenzorg. 35: 1-6.
- WESTWOOD, J. O., - 1834. Trans. Ent. Soc. London. 1: 34-36.

- WOOD, S. L., - 1954. A revision of North American Cryphalini, (Scolytidae, Coleoptera). Univ. of Kansas, Sci. Bull. 36, II, 15: 959-1089.
- ZADOKS, J. C., - 1961. Yellow rust on wheat, studies in epidemiology and physiologic specialization. Thesis Amsterdam 1961. Neth. J. Pl. Path. (T. Pl. ziekten) 67: 69-256.
- ZADOKS, J. C., - 1972. Modern concepts of disease resistance in cereals. Proc. 6th. Congr. Eucarpia, Cambridge 1971. Cambridge, (1972): 89-98.
- ZADOKS, J. C., - 1972. Reflexions on disease resistance in annual crops. In: Biology of Rust Resistance in Forest Trees. (Ed. R. T. Bingham, R. J. Hoff and G. I. McDonald.) Proc. NATO-IUFRO Advanced study Inst., U.S. Dep. Agr., Forest Service, Misc. Publ. 1221, 621 pp.

APPENDICE I

Les données des récoltes et des échantillonnages successifs dans les parcelles de R. INEAC, R. Ebobo et Kouilou pendant les saisons 1970-1971 et 1971-1972.

Explication des abréviations:

Abréviation	colonne	
T ₂	—	Récoltes faites tous les quinze jours
T ₄	—	Récoltes de toutes les quatre semaines
—	1	Date civile de la récolte ou l'échantillonnage
D	2	Code pour la date de récolte
d	3	Phase de la maturation des cerises
Re	4	Récolte: Le nombre total des cerises récoltées
PRe	5	Récolte de la date D en pourcentage de la récolte totale de la saison
ReCu	6	Récolte cumulative: Le nombre total des cerises récoltées jusqu'à la date D incluse
ReCuP	7	Récolte cumulative en pourcentage de la récolte totale de la saison
ReCuProb	8	Récolte cumulative en valeurs probit
ReA	9	Récolte des cerises attaquées, comprise dans la récolte Re
PARE	10	Récolte des cerises attaquées (ReA) en pourcentage de la récolte Re = le pourcentage d'attaque de la récolte
ReACu	11	Récolte des cerises attaquées cumulative: nombre total des cerises attaquées qui sont récoltées jusqu'à la date D incluse
PARECu	12	Pourcentage de cerises attaquées de toutes les cerises récoltées jusqu'à la date D incluse (= ReACu en pourcentage de ReCu)

T ₂											
(1)	D (2)	d (3)	Re (4)	PRc (5)	ReCu (6)	ReCuP (7)	ReCu Prob (8)	ReA (9)	PARE (10)	ReACu (11)	PARECu (12)
11/8	11		1136		1136	0,3		68	8,2	68	6,0
25/8	13		3384		4520	1,1		284	8,4	352	7,8
8/9	15		16748		21268	5,3		2804	16,7	3156	14,8
23/9	17	1	15780	3,9	37048	9,2	3,671	3228	20,4	6384	17,2
7/10	19	2	14040	3,5	51088	12,6	3,854	1204	8,6	7588	14,8
20/10	21	3	40552	10,0	91640	22,7	4,251	9832	24,2	17420	19,0
3/11	23	4	85732	21,2	177372	43,9	4,849	22068	25,7	39488	22,3
17/11	25	5	56580	14,0	233952	57,9	5,202	16804	29,7	56292	24,1
2/12	27	6	63800	15,4	297752	73,7	5,625	33940	53,2	90232	30,3
16/12	29	7	27260	6,7	325012	80,4	5,856	20780	76,2	111012	34,2
29/12	31	8	31200	7,7	356212	88,1	6,180	28108	90,0	139120	39,0
12/1	33	9	20616	5,1	376828	93,2	6,491	17220	83,5	156340	41,5
26/1	35	10	12552	3,1	389380	96,3	6,787	11076	88,2	167416	43,0
11/2	37		9352		398732	98,7		7392	79,0	174808	43,8
24/2	39		4476		403208	99,8		3816	85,2	178624	44,3
9/3	41		616		403824	99,9		616	100	179240	44,4
23/3	43		304		404128	100		304	100	179544	44,4
n = 90,6						Coeff. de corr. = +0,99					
$\sqrt{b_1} = 0,285$						Coeff. de regr. lin. = +0,18					
b ₂ = 2,600						n = 10 D ₅₀ = 24					
T ₄											
11			1096		1096	0,3					
15			18944		20040	5,1		3748		3748	18,7
19	2		29100		49140	12,5		6872		10620	21,6
23	4		116452		165592	42,3		37088		47708	28,8
27	6		122160		287752	73,4		75344		123052	42,8
31			62400		350152	89,4		49324		172376	49,2
35			28096		378248	96,6		28096		200472	53,0
39			12580		390828	99,8		12580		213052	54,5
43			900		391728	100		832		213884	54,6

T ₂											
(1)	D (2)	d (3)	Re (4)	PRe (5)	ReCu (6)	ReCuP (7)	ReCu Prob (8)	ReA (9)	PARe (10)	ReACu (11)	PAReCu (12)
16/6	3		1487		1487	0,9		311	21,0	311	21,0
30/6	5		5832		7319	4,7		872	15,0	1183	16,2
15/7	7	1	7505	4,7	14824	9,5	3,689	1355	18,0	2538	17,1
28/7	9	2	13645	8,7	28469	18,2	4,092	1464	10,7	4002	14,1
11/8	11	3	21520	13,8	49989	32,0	4,532	2056	9,5	6058	12,1
25/8	13	4	17714	11,4	67703	43,4	4,831	2626	14,8	8684	12,8
8/9	15	5	37560	24,1	105263	67,5	5,454	3869	10,3	12553	11,9
23/9	17	6	22943	14,7	128206	82,2	5,923	2525	11,0	15078	11,8
27/10	19	7	14901	9,6	143107	91,8	6,392	1639	11,0	16717	11,7
20/10	21	8	6831	4,4	149938	96,1	6,762	956	14,0	17673	11,8
3/11	23	9	1748	1,1	151686	97,3	6,927	699	40,0	18372	12,1
17/11	25	10	1830	1,2	153516	98,4	7,144	732	40,0	19104	12,4
2/12	27		1408		154924	99,4		704	50,0	19808	12,8
16/12	29		650		155574	99,8		487	75,0	20295	13,0
29/12	31		250		155824	99,9		188	75,2	20483	13,1
12/1	33		116		155940	100		101	87,1	20584	13,2
n = 93,8						Coeff. de corr. = +0,99					
$\sqrt{b_1} = 0,27$						Coeff. de regr. lin. = +0,20					
b ₂ = 2,86						n = 10 D ₅₀ = 13					
T ₄											
	9		13131		13131	11,8		1437		1437	10,9
	13		21355		34486	30,9		4138		5575	16,2
	17		51593		83889	75,1		3151		8726	10,4
	21		14084		105629	94,6		5219		13945	13,2
	25		9377		109207	97,8		1686		15631	14,3
	29		1860		111265	99,7		1860		17491	15,7
	33		639		111631	100		639		18130	16,2

T ₂											
(1)	D (2)	d (3)	Re (4)	PRe (5)	ReCu (6)	ReCuP (7)	ReCu Prob (8)	ReA (9)	PARe (10)	ReACu (11)	PAReCu (12)
17/8	12		57		57						
31/8	14		422		479	0,1		180	42,6	180	37,6
14/9	16		494		973	0,2		50	10,1	230	23,6
28/9	18	1	4926	1,2	5899	1,4	2,803	419	8,5	649	11,0
12/10	20	2	12120	2,9	18019	4,3	3,283	879	7,2	1528	8,5
26/10	22	3	52581	12,6	70600	16,9	4,042	3901	7,4	5429	7,7
10/11	24	4	80732	19,3	151332	36,2	4,647	8073	10,0	13502	8,9
23/11	26	5	62000	14,8	213332	51,1	5,028	5991	9,7	19493	9,1
7/12	28	6	68468	16,4	281800	67,5	5,454	17047	24,9	36540	13,0
21/12	30	7	74881	17,9	356681	85,4	6,054	24230	32,4	60770	17,0
4/1	32	8	39960	9,6	396641	95,0	6,645	32758	82,0	93528	23,6
19/1	34	9	14747	3,5	411388	98,5	7,170	13770	93,4	107298	26,1
1/2	36	10	2969	0,7	414357	99,2	7,409	2921	98,4	110219	26,6
15/2	38		1764		416121	99,7		1730	98,1	111949	26,9
29/2	40		1067		417188	99,9		1063	99,6	113012	27,1
14/3	42		240		417428	100		240	100	113252	27,1
28/3	44		28		417456	100		28	100	113280	27,1
n = 98,9						Coeff. de corr. = +0,99					
$\sqrt{b_1} = 0,036$						Coeff. de regr. lin. = +0,26					
b ₂ = 1,80						n = 10 D ₅₀ = 26					
T ₄											
	16		222		222	0,1		26	11,7	26	11,7
	20		775		997	0,6		138	17,8	164	16,4
	24		33240		34237	19,0		4921	14,8	5085	14,8
	28		61800		96037	53,4		20000	32,4	25085	26,1
	32		78474		174511	97,0		68690	87,5	93775	53,7
	36		3953		178464	99,2		3889	98,4	97664	54,7
	40		853		179317	99,7		850	99,6	98514	54,9
	44		321		179638	100		321	100	98835	55,0

T ₂											
(1)	D (2)	d (3)	Re (4)	PRE (5)	ReCu (6)	ReCuP (7)	ReCu Prob (8)	ReA (9)	PARe (10)	ReACu (11)	PAReCu (12)
3/8	10		100		100	0,1		30	30,-	30	30,0
17/8	12		240		340	0,4		72	30,-	102	30,0
31/8	14		544		884	1,2		183	33,6	285	32,2
14/9	16		504		1388	1,8		224	44,4	509	36,7
28/9	18	1	1428	1,9	2816	3,7	3,213	340	23,8	849	30,1
12/10	20	2	3535	4,6	6351	8,3	3,615	742	21,0	1591	25,0
26/10	22	3	11525	15,1	17876	23,4	4,274	3909	33,9	5500	30,8
10/11	24	4	18019	23,6	35895	47,0	4,925	4251	23,6	9751	27,2
23/11	26	5	14421	18,9	50316	65,9	5,410	4201	29,1	13952	27,7
7/12	28	6	8522	11,2	58838	77,1	5,742	4407	51,7	18359	31,2
21/12	30	7	8553	11,2	67391	88,3	6,190	6228	72,8	24587	36,5
4/1	32	8	2555	3,3	69946	91,6	6,379	2177	85,2	26764	38,3
19/1	34	9	1655	2,2	71601	93,8	6,538	1581	95,5	28345	39,6
1/2	36	10	1489	1,9	73090	95,7	6,717	1457	97,8	29802	40,8
15/2	38		1292		74382	97,4		1286	99,5	31088	41,8
29/2	40		1168		75550	99,0		1151	98,5	32239	42,7
14/3	42		360		75910	99,4		360	100	32599	42,9
28/3	44		286		76196	99,8		270	100	32869	43,1
			104		76300	100		31		32900	43,1

n = 93,9
 $\sqrt{b_1} = 0,530$
 $b_2 = 3,14$

Coeff. de corr. = +0,99
 Coeff. de regr. lin. = +0,23
 n = 10 D₅₀ = 25

T ₄							
14		551		551	0,9		254 46,1 254 46,1
18	1	1680		2231	3,6		314 18,7 568 25,5
22	3	12572		14803	23,9		3253 25,9 3821 25,8
26	5	26798		41601	67,1		7710 28,8 11531 27,7
30	7	14052		55653	89,7		12326 87,7 23857 42,9
34	9	3322		58975	95,1		3268 98,4 27125 46,0
38	11	1977		60952	98,3		1864 94,3 28989 47,6
42		859		61811	99,6		859 100 29848 48,3
46		217		62028	100		217 100 30065 48,5

T ₂											
(1)	D (2)	d (3)	Re (4)	pRe (5)	ReCu (6)	ReCuP (7)	ReCuProb (8)	ReA (9)	PARe (10)	ReACu (11)	PAReCu (12)
25/5	0		646		646	0,2		197	30,5	197	30,5
15/6	3		1760		2406	0,8		495	28,1	692	28,8
6/7	6		1906		4312	1,4		153	8,0	845	19,6
20/7	8		5359		9671	3,1		844	15,7	1689	17,5
3/8	10	1	8683	2,7	18354	5,8	3,428	318	3,7	2007	10,9
17/8	12	2	40428	12,8	58782	18,6	4,107	671	1,7	2678	4,6
31/8	14	3	49704	15,8	108486	34,4	4,598	316	0,6	2994	2,8
14/9	16	4	40664	12,9	149150	47,3	4,932	675	1,6	3669	2,5
28/9	18	5	59103	18,7	208253	66,0	5,412	147	0,2	3816	1,8
12/10	20	6	49941	15,9	258194	81,9	5,912	656	1,3	4472	1,7
26/10	22	7	33134	10,5	291328	92,4	6,432	532	1,6	5004	1,7
10/11	24	8	17580	5,5	308908	97,9	7,033	481	2,7	5485	1,8
23/11	26	9	1817	0,6	310725	98,5	7,170	146	8,0	5631	1,8
7/12	28	10	2453	0,8	313178	99,3	7,457	462	18,8	6093	1,9
21/12	30		1560		314738	99,8		1108	71,0	7201	2,3
4/1	32		503		315241	99,9		478	95,0	7679	2,4
19/1	34		159		315400	100		146	91,8	7825	2,5
n = 96,2						Coeff. de corr. = +0,99					
$\sqrt{b_2} = 0,163$						Coeff. de regr. lin. = +0,23					
b ₂ = 2,36						n = 10 D ₅₀ = 16					
T ₄											
0			730		730	0,2		186	25,5	186	25,5
3			886		1616	0,4		270	30,5	456	28,2
6			4322		5938	1,3		420	9,7	876	14,7
8			5041		10979	2,4		542	10,7	1418	12,9
12			58882		69861	15,3		521	8,8	1939	2,8
16			162908		232769	50,9		2235	1,3	4174	1,8
20			142299		375068	82,1		3169	2,2	7343	2,0
24			58890		433958	94,9		1559	2,6	8902	2,0
28			16802		450760	98,6		1159	6,9	10061	2,2
32			3987		454747	99,5		3142	78,8	13203	2,9
36			1880		456627	99,9		1835	97,6	15038	3,3
40			373		457000	100		373	100	15411	3,4

APPENDICE II

Résultats des échantillonnages dans T_0 des parcelles expérimentales: contenu moyen de la descendance du scolyte dans une cerise attaquée et contenu moyen de la descendance de *C. stephanoderis* dans une cerise attaquée et parasitée.

Légende:

D	Date des échantillonnages
%M	Pourcentage de cerises mûries de la récolte totale
%N	Pourcentage de cerises mûres et encore présentes qui sont attaquées
%A	Pourcentage de cerises mûres et encore présentes qui sont attaquées
O	Nombre d'oeufs de <i>H. hampei</i>
L	Nombre de larves
N	Nombre de nymphes
AV	Nombre d'adultes vivants
AM	Nombre d'adultes morts
Σ_{sv}	Nombre total des individus vivants de <i>H. hampei</i>
%P _t	Pourcentage de cerises attaquées dans lesquelles le parasite vit, ou a vécu
%P _a	Pourcentage de cerises attaquées ayant des parasites vivants
$O + l$	Nombre d'oeufs et de larves de <i>C. stephanoderis</i>
cop	Nombre de cocons contenant une puppe
covi	Nombre de cocons vides
apv	Nombre d'adultes vivants de <i>C. stephanoderis</i>
apm	Nombre d'adultes morts de <i>C. stephanoderis</i>
Σ_{pv}	Nombre total des individus vivants de <i>C. stephanoderis</i>
T ₀	Voir page 4-6.

Robusta Ebobo 1970-1971

		T ₀										descendance de <i>C. stephanoderis</i>						
		descendance de <i>H. kampel</i>					Σsv											
D	%M	%N	%A	O	L	N	AV	AM	AM	Σsv	%P.	0+1	cop	covi	apv	apm	Σpv	
17	9	21	47	0,8	2,3	1,3	1,4	0,2	0,2	5,8	5,7							
19	13	10	39	5,1	12,1	4,3	3,9	0,7	0,7	25,4	4,2							
21	23	20	34	8,8	7,2	1,1	3,4	-	-	20,5	1,7							
23	44	54	36	12,6	2,3	3,6	-	-	-	18,5								
25	58	17	47	11,7	12,4	1,6	1,6	0,1	0,1	27,3								
27	74	40	98	4,6	15,8	8,2	12,2	0,5	0,5	40,8								
29	80	31	94	9,3	16,4	4,3	6,6	0,1	0,1	36,6								
31	88	51	95	5,8	12,4	3,9	10,8	1,7	1,7	32,9								
33	93	83	99	2,8	11,1	5,1	15,3	1,3	1,3	34,3								
35	96	86	97	1,0	5,1	0,8	7,8	6,5	14,7	18,0	5,2	0,5	0,5	4,0	0,5	-	1,5	
37	99	83	95	0,7	3,4	1,2	3,7	9,0	18,0	26,7								
39	100	78	98	1,1	1,5	1,1	4,4	8,8	8,1	8,1								
41	100	84	98	-	0,2	0,1	1,1	10,0	1,4	14,-								
43	100	100	100	0,3	0,3	0,1	1,6	6,7	2,3	10,-								
45	100	100	100	0,2	-	-	0,2	8,7	0,4	12,-								

Kouitou 1970-1971

D	T ₀										Descendance de <i>C. stephanoderis</i>						
	Descendance de <i>H. hampei</i>					%P _t	0+1	cop	covi	apv	apm	Σpv					
	%M	%A	%A	O	L								N	AV	AM	Σsv	
13	43	5	4	3,4	5,9	0,7	0,8	0,1	10,8								
15	67	10	6	4,1	7,3	0,9	1,2	-	13,5								
17	82	44	21	4,0	4,9	1,1	2,2	0,3	12,2								
19	92	46	26	4,6	8,3	1,5	2,7	0,4	17,1								
21	96	91	71	5,6	6,9	1,2	3,9	0,3	17,6								
23	97	89	72	5,0	6,6	1,8	4,1	0,1	17,5	6,6	-	6,0	4,0	1,3	-	7,3	
25	98	97	86	0,4	11,6	3,5	7,7	3,4	23,2	?	6,9	3,5	0,9	1,0	-	11,4	
27	99	97	94	3,9	10,8	2,0	7,5	1,5	24,2	26	0,3	3,3	2,0	1,0	-	4,6	
29	100	99	88	-	-	-	-	-	-	?	-	-	-	-	-	-	-
31	100	100	94	3,4	7,0	4,3	6,3	5,4	21,0	24	4,4	3,8	6,2	1,2	0,4	9,4	
33	100	100	94	1,3	1,4	0,9	5,5	7,7	9,1	30	0,7	1,7	2,2	0,4	0,3	2,8	
35	100	100	98	0,4	0,0	0,1	2,6	8,3	3,1	31	-	0,3	5,5	0,1	0,9	0,4	
37	100	100	99	0,6	1,8	-	3,3	9,2	5,7	29	-	-	9,0	-	0,1	-	

Robusta INEAC 1971-1972																				
T ₀																				
D	%M	%N	%A	Descendance de <i>H. hampei</i>						Descendance de <i>C. stephanoderis</i>										
				O	L	N	AV	AM	Σsv	P _t	P _s	0+l	cap	covi	apv	apm	Σpv			
18	1	3	12	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
20	4	5	23	2,3	8,9	3,7	3,9	0,7	18,8	-	0,5	0,5	4,7	1,3	7,3	0,7	1,7	6,7	7,1	7,1
22	17	6	15	7,5	12,5	1,8	1,8	0,4	23,6	-	3,0	2,9	1,8	3,9	2,0	1,4	-	-	-	-
24	36	8	21	9,5	14,2	5,5	7,3	0,1	36,5	-	15,6	13,8	4,9	4,6	4,2	2,1	0,8	11,6	11,6	11,6
26	51	20	53	8,2	9,0	1,3	3,1	-	21,6	-	32,2	26,3	4,9	4,6	9,3	1,3	1,8	1,3	1,3	1,3
28	67	17	47	12,5	13,5	2,4	5,1	-	33,6	-	25,8	8,6	-	-	-	-	0,3	0,1	0,1	0,1
30	85	23	83	10,6	14,9	2,9	5,0	-	33,4	-	30,3	3,2	-	-	7,6	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
32	95	62	97	15,8	15,5	2,7	5,1	-	39,1	-	3,0	2,9	4,7	1,3	7,3	0,7	1,7	6,7	7,1	7,1
34	98	84	93	14,2	18,4	4,5	12,9	-	50,0	-	15,6	13,8	1,8	3,9	2,0	1,4	-	-	-	-
36	99	97	99	4,9	7,8	1,7	8,1	1,3	22,5	-	32,2	26,3	4,9	4,6	4,2	2,1	0,8	11,6	11,6	11,6
38	100	99	99	0,3	8,1	1,3	7,4	7,6	17,1	-	25,8	8,6	-	-	9,3	1,3	1,8	1,3	1,3	1,3
40	100	100	99	0,1	1,5	2,0	7,2	14,4	9,0	-	30,3	3,2	-	-	7,6	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
42	100	100	99	-	-	-	6,8	15,3	3,6	-	23,6	2,2	0,9	0,8	8,6	0,3	0,7	2,0	2,0	2,0
44	100	100	100	-	-	-	5,1	16,9	3,4	-	17,8	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
46	100	100	100	-	-	-	2,7	15,1	2,7	-	19,5	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
48	100	100	100	-	-	-	1,3	16,2	1,3	-	17,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
50	100	100	100	-	-	-	1,2	17,4	1,2	-	15,3	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
52	100	100	100	-	-	-	0,4	14,8	0,4	-	15,3	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-

Robusta Ebobo 1971-1972

T₀

D	Descendance de <i>H. hampei</i>					Descendance de <i>C. stephanoderis</i>										
	%M	%N	%A	O	L	N	AV	AM	Σsv	%P ₁	0+1	cop	covi	apv	apm	Σpv
18	4	58	60	1,5	3,3	0,7	1,4	4,4	6,9							
20	8	17	16	2,6	11,9	3,1	4,7	0,8	22,3							
22	23	16	26	3,8	12,6	4,1	4,2	0,5	24,7							
24	47	17	52	6,0	10,1	2,4	3,0	-,-	21,5							
26	66	10	61	9,5	14,4	1,1	4,7	-,-	29,7							
28	77	54	43	11,2	10,1	2,5	4,7	-,-	28,5							
30	88	38	84	7,9	9,3	1,5	2,8	0,1	21,5							
32	92	54	88	8,9	10,7	1,0	5,0	0,5	25,6							
34	94	80	100	7,4	15,9	1,8	4,8	1,1	29,9	9	2,9	2,9	1,5	0,7	0,2	6,5
36	96	66	96	3,5	8,9	2,1	6,9	2,1	21,4	13	1,4	3,1	4,7	1,2	0,5	5,7
38	97	96	98	0,3	3,9	2,1	12,0	6,4	18,3	16	1,0	2,2	2,9	1,2	0,3	4,4
40	99	97	97	0,1	0,1	-,-	0,2	14,1	0,4	27	-,-	-,-	6,0	0,4	1,1	0,4
42	100	100	100	0,6	1,6	0,2	4,1	9,4	6,5	19	-,-	-,-	7,0	0,1	0,8	0,1
44	100	100	100	0,1	0,3	-,-	0,8	14,8	1,2	24	0,7	0,9	8,0	0,2	0,4	1,8
46	100	100	100	0,1	0,2	-,-	0,9	7,9	1,2	18	-,-	0,2	9,2	0,1	0,8	0,3

Kouilou 1971-1972

D	%M	%N	%A	Descendance de <i>H. hampei</i>						Σsv	Descendance de <i>C. stephanoderis</i>						Σpv
				T ₀							%P _t	0+1	cop	covi	apv	apm	
				O	L	N	AV	AM	Σsv								
10	6	19	10	1,8	0,9	0,1	0,1	3,2	2,9								
12	19	16	2	0,3	9,0	2,8	3,2	0,4	15,3								
14	34	13	1	-	-	-	-	-	-								
16	47	10	2	-	-	-	-	-	-								
18	66	23	3	0,2	4,0	2,3	9,1	-	15,6								
20	82	22	4	1,8	5,3	0,7	2,4	-	10,2								
22	92	49	7	-	-	-	-	-	-								
24	98	43	11	6,5	9,0	1,3	3,1	0,2	19,9								
26	98	61	20	8,4	10,4	0,9	2,7	-	22,4								
28	99	73	32	4,0	6,2	1,1	3,0	0,7	14,3								
30	100	72	74	6,6	9,9	1,8	4,6	0,2	22,9								
32	100	95	85	3,6	10,2	1,1	5,6	0,1	20,5	4	3,5	0,5	2,0	1,2	-	5,2	
34	100	100	83	2,3	9,5	0,9	3,5	1,0	16,2	1	-	-	-	-	-	-	
36	100	100	76	0,5	5,1	1,5	4,7	2,1	11,8	8	3,5	3,2	1,4	1,2	0,3	8,9	
38	100	100	90	1,5	5,9	1,1	4,1	4,9	12,6	12	0,7	3,4	6,0	0,8	0,4	4,9	
40	100	100	93	0,8	1,0	0,2	1,7	6,6	3,7	34	1,0	1,2	3,3	0,5	0,2	2,7	
42	100	100	98	0,4	0,8	0,1	1,5	8,8	2,8	12	-	0,2	6,2	0,1	0,7	0,3	
										19	0,2	1,6	6,3	0,3	0,7	2,1	

CURRICULUM VITAE

Victor Johannes Marie Koch

Geboren: 13 mei 1938 te Meerssen (L.).

H.B.S.-b: Maastricht; militaire dienst.

Landbouwhogeschool Wageningen: september 1959-juni 1966.

studierichting: Planteziektenkunde.

Hoofdvak: Entomologie (verzwaard).

Keuzevakken: Organische scheikunde

Meteorologie en klimatologie

Ingenieursexamen: 29 juni 1966 (met lof).

Plaatsvervangend beheerder van het Centre Néerlandais in Ivoorkust, van juli t/m oktober 1966.

Leraar Biologie: M.M.S. te Maastricht, van november 1966-juni 1968.

Wetenschappelijk medewerker aan de Landbouwhogeschool Wageningen.

Van juli 1968-oktober 1973 (tot oktober 1972 tevens beheerder van het Centre Néerlandais).

1974 - Plantprotectionist Research Institute for Tea and Cinchona, Bandung.