

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
ZOOLOGIE APPLIQUÉE

N° 8

1994

Lutte intégrée contre le ravageur majeur du café
en Nouvelle-Calédonie, *Hypothenemus hampei*
(Coleoptera : Scolytidae)

Luc-Olivier BRUN
Paul COCHEREAU
Véronique GAUDICHON
Frédéric MATHIEU
Claude MARCILLAUD

Convention PROVINCE NORD/ORSTOM
Étude des ravageurs du café

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
ZOOLOGIE APPLIQUÉE

n° 8

1994

**Lutte intégrée contre le ravageur majeur du café
en Nouvelle-Calédonie, *Hypothenemus hampei*
(Coleoptera : Scolytidae)**

**Luc-Olivier BRUN
Paul COCHEREAU
Véronique GAUDICHON
Frédéric MATHIEU
Claude MARCILLAUD
Tana POTIAROA**

**Convention PROVINCE NORD/ORSTOM
Étude des ravageurs du café**



**L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1994

Brun, L.O.
Cochereau, P.
Gaudichon, V.
Mathieu, F.
Marcillaud, C.
Potiaroa, T.

Lutte intégrée contre le ravageur majeur du café en Nouvelle-Calédonie, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae)

Nouméa : ORSTOM. Mai 1994. 105 p.
Conv.: *Sci. Vie ; Zool. App.* ; 8

Ø76RAVPLAØ7

CAFE ; INSECTE ; RAVAGEUR ; FEMELLE ; LUTTE INTEGREE ; RESISTANCE DE L'HOTE ;
INSECTICIDE ; TEST / NOUVELLE CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Mai 1994

 ORSTOM Nouméa
REPROGRAPHIE

SOMMAIRE

PARTIE I : ÉLEVAGE - RÉSISTANCE CROISÉE & ALLÉLOCHIMIE

AVANT PROPOS.....	1
I - MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE D'ÉLEVAGE DE <i>HYPOTHENEMUS HAMPEI</i> AU LABORATOIRE	
I.1 - MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	3
I.2 - RÉSULTATS.....	5
I.3 - DISCUSSION.....	6
II - RÉSISTANCE CROISÉE ET TOXICITÉ DE DIVERS INSECTICIDES	
II.1 - SOUCHES DE SCOLYTES UTILISÉES.....	7
II.2 - INSECTICIDES TESTÉS.....	7
II.3 - TECHNIQUE DE TEST UTILISÉE.....	8
II.4 - RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	9
III - RELATIONS ALLÉLOCHIMIQUES ENTRE <i>H. HAMPEI</i> ET LE CAFÉIER	12
III.1 - MISE AU POINT D'UN TEST DE MARCHE POUR <i>H. HAMPEI</i> .	13
A - Matériel et méthode.....	13
B - Résultats	15
C - Conclusion	16
III.2 - RÉPONSE DE <i>H. HAMPEI</i> AU TEST DE MARCHE EN FONCTION DU FACTEUR POPULATION	
A - Introduction	18
B - Matériel et méthode.....	18
C - Résultats	18
D - Conclusion	19
III.3 - CARACTÈRES VISUELS, PHOTOTROPIQUES & CHROMATOTRO- PIQUES DE LA RECONNAISSANCE DU CAFÉ	
A - Introduction	19
B - Matériel et méthode.....	19
C - Résultats	20
D - Conclusion	21

**III.4 - DYNAMIQUE de SORTIE de *H. HAMPEI* en PRÉSENCE de CERISES
VERTES**

A - Introduction	22
B - Matériel et méthode.....	22
C - Résultats	23
D - Conclusion	23
PERSPECTIVES.....	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25
ANNEXES I (Figures, Graphiques, Tableaux & Statistiques).....	33

PARTIE II : LUTTE BIOLOGIQUE

INTRODUCTION.....	1
LE RAVAGEUR.....	1
LA PLANTE.....	1
ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE ET D'ÉTHOLOGIE.....	2
LE SCOLYTE EN NOUVELLE-CALÉDONIE.....	3
ÉTUDE DES CERISES SÈCHES.....	4
TRAITEMENT PAR VOIE HUMIDE : ESTIMATION DES PERTES	4
LUTTE INTÉGRÉE.....	10
PIÉGEAGE DES PARASITOIDES EN COTE D'IVOIRE.....	11
LUTTE BIOLOGIQUE AU MOYEN D'INSECTES ENTOMOPHAGES.....	16
LUTTE BIOLOGIQUE AU MOYEN DU CHAMPIGNON ENTOMOPATHO- GÈNE <i>BEAUVERIA BASSIANA</i>.....	17
BIBLIOGRAPHIE.....	19
ANNEXES II (Cartes, Tableaux et Figures).....	21

PARTIE I

- ÉLEVAGE -

- RÉSISTANCE CROISÉE -

&

- ALLÉLOCHIMIE -

AVANT PROPOS

Les études menées ces dernières années au laboratoire d'entomologie du Centre ORSTOM de Nouméa ont permis d'identifier le premier cas de résistance à un insecticide chez le ravageur majeur des grains de café, *Hypothenemus hampei* FERR. (Coleoptera: Scolytidae). L'importance économique que représente ce coléoptère dans les régions où il sévit nécessite de fréquents traitements chimiques. Cependant, le nombre de composés actifs sur cette espèce dont le cycle se déroule à l'intérieur des cerises, est très limité. De ce fait, le recours aux traitements chimiques doit être envisagé comme une mesure transitoire, en attendant que les recherches actuelles aboutissent à la mise au point progressive des différentes composantes d'une lutte intégrée qui fasse appel à des stratégies de lutte non polluantes. Ce processus nécessite une parfaite connaissance de la biologie du ravageur, de ses parasites et pathogènes, ainsi que de la dynamique de ses populations. Les travaux récents, réalisés à partir du Centre ORSTOM de Nouméa, contribuent à accroître nos connaissances concernant ces données de base.

Au cours des deux dernières années, un domaine a fait l'objet d'une attention particulière : les relations allélochimiques entre *H. hampei* et sa plante-hôte: le café. En effet, jusqu'à présent très peu de travaux avaient abordés cet aspect; or le caractère monophage de ce ravageur et les particularités de sa biologie: cycle de développement totalement cryptique, passage par une phase de latence physiologique, vol de colonisation ..., font de cet insecte un modèle d'étude particulièrement intéressant, tant sur le plan fondamental qu'appliqué. C'est la raison pour laquelle, le Laboratoire des Médiateurs Chimiques de l'INRA et le Laboratoire d'Entomologie du Centre ORSTOM de Nouméa se sont attachés à mettre en commun, dès 1989, leurs connaissances respectives et complémentaires.

Les premiers travaux, réalisés de façon informelle entre ces deux laboratoires, ont montré que les cerises rouges émettaient des substances volatiles qui pouvaient être extraites dans un solvant. Ces substances, attractives pour *H. hampei*, semblent diminuer assez rapidement après la cueillette des cerises. Pendant cette période, une méthode d'élevage sur milieu artificiel était également mise au point, ce qui permet de disposer, tout au long de l'année, de femelles de statut physiologique connu, matériel précieux pour de nombreuses expérimentations.

Les travaux présentés ci-après ont été réalisés à partir du Centre ORSTOM de Nouméa. Ils résultent d'une collaboration continue entre les divers auteurs, en étroite relation avec B. Frérot, (Laboratoire des Médiateurs Chimiques de l'INRA). Ces travaux ont également bénéficié d'une contribution financière de MEDETOM.

I - MISE AU POINT D'UNE MÉTHODE D'ÉLEVAGE DE *H. HAMPEI* A U LABORATOIRE

Le cycle de développement des populations du scolyte du café suit celui de la production de cerises dans les plantations, la période de disponibilité des adultes nécessaires aux expérimentations est donc réduite à quelques mois seulement. Ceci limite la période de disponibilité de *H. hampei* au laboratoire, et donc la possibilité de conduire des expérimentations tout au long de l'année. Par ailleurs, pour certaines études, il est nécessaire de disposer de populations aussi homogènes (conditions de développement, âge ...) que possible. Enfin, les travaux qui portent sur la transmission héréditaire du caractère de résistance ne peuvent se faire que par la maîtrise totale de la reproduction du scolyte. Ces diverses raisons nous ont conduits, au cours de ces dernières années, à mettre au point un substitut de la cerise de café elle-même et une technique qui reconstitue le fruit dans son dessèchement progressif, permettant ainsi le développement de tous les stades, de l'oeuf à l'adulte, ainsi que la reproduction de ce dernier.

Ces travaux se sont déroulés sur une année et demie et ont nécessité la création successive de 86 milieux différents, chacun d'entre eux ayant, en proportion variable, plus d'une dizaine de produits destinés à assurer au milieu une consistance proche de celle des jeunes cerises tout en évitant, grâce à des antifongiques, le développement de champignons. La difficulté de cette approche réside essentiellement dans le dosage très précis des divers produits nécessaires à la conservation du milieu, sans altération des qualités nutritives. Ainsi a-t-il été particulièrement délicat de déterminer la dose nécessaire des divers antifongiques pour éviter l'apparition des champignons, tout en permettant aux oeufs d'éclore et aux premiers stades larvaires (les plus fragiles) de se développer. En effet, à doses très réduites, les divers antifongiques utilisés se montrent particulièrement toxiques.

Le mode de préparation et la composition d'un milieu d'élevage artificiel pour le scolyte du café *Hypothenemus hampei* est décrit plus loin. Actuellement, plus d'une quinzaine de générations ont été obtenues sans changement significatif de la fécondité. Le cycle de développement à 25° C est similaire à celui que nous avons par ailleurs observé sur des élevages réalisés sur cerises de café. Une durée de vie maximale de 380 jours a été observée sur une femelle élevée sur ce milieu, prouvant ainsi ses qualités nutritives.

Les seuls travaux actuellement publiés sur un milieu d'élevage ont été réalisés par Villacorta (1985) mais de nombreux produits non commercialisés figurent dans ce milieu ce qui le rend difficilement reproductible.

1.1 - MATÉRIEL ET MÉTHODE

PRODUITS UTILISÉS:

Tableau A . composition du milieu d'élevage

Ingrédients	Quantité
GROUPE I	
Eau	1000 ml
Agar	32 g
GROUPE II	
Germe de blé	40 g
Caséine	10 g
Sucrose	20 g
poudre de café	150 g
GROUPE III	
Methyl-p-hydroxy benzoate	1,75 g
Propionate de sodium	1,2 g
Acide sorbic	0,3
GROUPE IV	
Pénicilline	350 mg
Streptomycine	350 mg
Acide ascorbique	2,5 g
Vitamines (Vanderzants)	1 g

PRÉPARATION

Des graines de café sèches sont très finement broyées à l'aide d'un broyeur puissant ("GONDARD, 2 hp, France") mis à notre disposition par le service d'Agro-pédologie de l'ORSTOM. Les produits du groupe II, finement broyés, sont vigoureusement mélangés entre eux puis avec une partie de l'agar préalablement chauffée. Les antifongiques (groupe III) sont ensuite mélangés entre eux puis dissous dans une faible quantité d'eau (5 ml), cette solution est ajoutée au mélange précédent.

Quand la préparation à base d'agar est à moins de 60°C, les éléments du groupe IV sont dissous dans 10 ml d'eau avant d'être ajoutés aux autres produits. Le mélange ainsi obtenu est vigoureusement homogénéisé à l'aide d'un mixeur, puis versé sur des plateaux, sur une épaisseur d'environ 0,5-0,9 mm. Après refroidissement, le milieu est placé à 40°C dans un incubateur, pendant quelques heures. Après séchage, le milieu a une consistance semi-rigide. Sa dessiccation ultérieure est ralentie avant usage par conservation dans un film de plastique.

Le milieu peut être utilisé soit en mettant de petits morceaux dans des tubes d'élevage dans lesquels plusieurs femelles peuvent être regroupées, soit un seul morceau dans une cellule d'une plaque de microtitration. Dans ce dernier cas, la technique qui a donné les meilleurs résultats consiste à recouvrir les cellules contenant du milieu par une lame de verre de microscope maintenue à ses deux extrémités par un ruban adhésif.

ÉLEVAGE

L'élevage peut être réalisé soit à partir de femelles obtenues après dissection des cerises préalablement conservées quelques semaines au laboratoire pour permettre aux larves présentes de terminer leur cycle, soit en récupérant les femelles qui sortent naturellement des cerises, au cours de l'après-midi. Le transfert des individus se fait à l'aide d'un fin pinceau.

En général, le forage du milieu commence dans les quelques heures qui suivent la mise en élevage et l'alimentation proprement dite suit immédiatement, mais dans quelques cas les femelles semblent avoir besoin de quelques jours "d'adaptation" avant de pénétrer le milieu en vue de la ponte qui n'intervient qu'après que des galeries aient été creusées. Une des différences majeures qui peut être observée avec l'élevage sur cerises est que le début de ponte est généralement plus échelonné et plus variable que quand la femelle est placée sur une cerise qu'elle perce. L'élevage réalisé sur milieu artificiel est donc plus lent et plus échelonné par rapport à un élevage qui pourrait être réalisé directement sur cerise. Par contre, seul l'élevage sur milieu artificiel permet de multiplier le scolyte en l'absence de cerise, en intersaison par exemple.

En moyenne, les pontes sont de 16 individus par femelle sur milieu artificiel, ce qui est du même ordre que ce qui est noté par Bergamin (1943) sur cerises. Parmi les facteurs qui influencent le succès d'un tel élevage, l'humidité relative a un rôle essentiel : l'excès d'humidité entraîne le développement rapide de champignons et favorise les pontes d'éventuels acariens, tandis qu'un dessèchement du milieu, même minime, entraîne tout d'abord un arrêt de la ponte et du développement des larves, puis une mortalité de tous les stades.

Les élevages ont été réalisés dans l'obscurité, ce qui correspond aux conditions naturelles dans les cerises. Les femelles sont transférées environ tous les deux mois sur de nouvelles cellules pour un nouveau cycle de ponte.

I.2 - RÉSULTATS

Afin d'étudier la vitesse de reproduction et de développement chez *H. hampei*, 16 femelles fécondées placées individuellement sur milieu, furent suivies au delà de deux mois. Les plaques d'élevage furent gardées à 25 C° et environ 85% d'humidité relative. La descendance (oeufs, larves, nymphes et adultes) a été étudiée à 20, 28, 41, 57 et 70 jours après la mise sur milieu. Les quatre premières observations ont été effectuées à travers les cloisons des tubes de plastiques dans lesquelles avaient été placées les femelles alors que le dénombrement final des divers stades au 70^{ème} jour a été réalisé après dissection complète du milieu, de façon à compter également les divers stades présents à l'intérieur des galeries.

Les premiers oeufs observés ont été notés le 12^{ème} jour après le début de l'expérimentation et un peu plus de 50% de la progéniture avait atteint le stade adulte au 41^{ème} jour (Tableau B).

Tableau B - Descendance de 16 femelles fécondées élevées sur milieu artificiel

Nombre de jours après le début de l'expérimentation					
Stades	20 j.	28 j.	41 j.	57 j.	70 j.
Oeufs (%)	90%	46%	30%	12%	2%
Larves (%)	10%	54%	62%	41%	34%
Nymphes %	-	-	5%	28%	34%
Adultes (%)	-	-	-	19%	52%
TOTAL (nb)	30	83	135	218	251

Les taux de ponte et de croissance observés sur milieu sont assez proches de ceux notés par ailleurs par divers auteurs tels que Corbet 1933, Bergamin 1943, Munoz 1989.

Dans le passé, diverses longévités maximum ont été notées dans la littérature (Waterhouse and Norris, 1989), et la longévité maximale obtenue par Bergamin en 1943. La longévité observée lors de nos élevages sur milieu était du même ordre, cependant une femelle a pu être conservée vivante pendant 380 jours, ce qui montre l'excellente longévité de ce ravageur.

Depuis le début de nos travaux sur milieu d'élevage artificiel, plus d'une quinzaine de générations qui ont été suivies au laboratoire, sans modification appréciable des critères biologiques au niveau de la descendance.

I.3 - DISCUSSION

Le fait de pouvoir maintenir au laboratoire des souches de différentes origines du scolyte du café *H. hampei* est un progrès important du fait des nouvelles possibilités qui nous sont données dans divers domaines de recherche : étude de la transmission héréditaire du gène de résistance à l'endosulfan, étude de la sensibilité à différents pathogènes pouvant servir de biopesticides potentiels (*Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* ...), contribution aux travaux réalisés sur les relations allélochimiques entre le ravageur et sa plante-hôte pouvant aboutir à la mise au point d'un système de piégeage...

L'élevage individuel de *H. hampei* au laboratoire devra être amélioré et modifié de façon à simplifier les procédures, réduire les manipulations nécessaires tout en diminuant les risques de contamination, que ce soit par champignons ou par acariens. L'élevage en continu des divers stades devrait permettre la mise au point d'une production de masse du parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* introduit pour contribuer au contrôle des populations du ravageur. Cette possibilité offre des perspectives particulièrement intéressantes pour la période cruciale de recolonisation des champs (Janvier à Mars-Avril), en début de production de cerises. En effet, à cette période, seules sont présentes dans les plantations les cerises sèches, non récoltées. Ces cerises, vidées de leur contenu par les générations successives de scolytes qui se sont développées à leurs dépens, n'abritent pratiquement plus que des adultes. Le parasitoïde ne pouvant effectuer son cycle de reproduction qu'au détriment des stades immatures du ravageur, la période d'intersaison est en effet très critique pour le maintien des populations de *C. stephanoderis*.

II - RESISTANCE CROISEE ET TOXICITE DE DIVERS INSECTICIDES

Le développement d'un milieu d'élevage a permis de constituer des souches homogènes (sensibles et résistantes) de scolyte du café. Ces souches ont été utilisées pour étudier la toxicité relative de divers insecticides et mettre en évidence les résistances croisées qui pourraient apparaître.

II.1 - SOUCHES DE SCOLYES UTILISÉES

Deux souches de scolytes ont été utilisées: une souche sensible de référence récoltée à La Foa (LA2), souvent utilisée dans le passé pour d'autres travaux (Brun *et al.* 1989, 1990) et une souche résistante provenant de la vallée de la Néavin, dans la région de Ponérihouen (PN103). La souche sensible provenait directement de cerises récoltées sur le terrain et conservées au laboratoire pendant environ un mois et demi, dans une salle à 25°C et 85% H.R. De façon à travailler avec une souche résistante aussi pure que possible, la souche PN103 a été multipliée au laboratoire pendant 8 générations sur milieu artificiel, tout en subissant une sélection entre chaque génération grâce à des pulvérisations d'endosulfan à 10.000 ppm. En effet, les souches dites "résistantes" récoltées sur le terrain sont en fait des souches mixtes, composées d'individus homozygotes résistants, d'individus hétérozygotes résistants et d'une certaine proportion d'individus sensibles. Toutes les études de toxicité ont porté sur des femelles adultes, les larves et les oeufs se trouvant toujours "protégés" au fond de leurs galeries. Le but du programme de sélection a donc été, dans la mesure du possible d'isoler progressivement uniquement une souche homozygote résistante.

II.2 - INSECTICIDES TESTÉS

Les insecticides qui suivent ont été utilisés :

- l'endosulfan (Thiodan 35% EC, Hoechst AG, Allemagne),
- le chlorpyrifos (45 % WP Kumiai Chemical Industry Co. Ltd., Japan),
- le malathion (50% EC Kumiai Chemical Industry Co. Ltd., Japan),
- le fénitrothion (Folithion 100% EC, Bayer Australia Ltd.),
- le pyrimiphos-méthyl (Actellic 45% EC, ICI, G-B),
- l'ivermectine B1 (0,03% MSD Agvet Ltd., New Zealand),
- le diazinon (40%, Ciba-Geigy, Switzerland)
- la dieldrin (15% EC, BCRI, Sydney Australia),
- Aldrin 60% EC, BCRI, Sydney Australia)

II.3 - TECHNIQUE DE TEST UTILISÉE

Pour l'étude de la toxicité comparée de divers insecticides pour *H. hampei*, nous avons utilisé la Tour de Potter (Potter 1952), plus adaptée que le test "d'exposition indirecte" développé tout spécialement pour une détection rapide des individus résistants dans une nouvelle population.

La Tour de Potter permet en effet de soumettre les insectes testés à des gammes de concentrations insecticides très précises. De même, elle donne la possibilité de faire de nombreuses répétitions dans des conditions rigoureusement identiques.

Les tests ont été pratiqués sur des lots généralement d'une vingtaine de femelles. Celles-ci sont placées, juste avant le test, sur des papiers filtres et limitées dans leur déplacement par un anneau de verre de 5 cm de diamètre et de 2 cm de hauteur. Après pulvérisation d'un volume de 2 ml de solution insecticide, ce qui représente environ 1,6 mg/cm² de produit sur le papier filtre, les anneaux sont surmontés d'un fin couvercle grillagé afin d'éviter l'envol des insectes pendant la phase d'observation-contact des femelles de scolytes avec les papiers imprégnés de solutions insecticides. Cette phase a été déterminée de façon à laisser suffisamment de temps pour que les insecticides puissent agir sur les insectes, tout en évitant que la mortalité des insectes utilisés comme témoin ne dépasse 5-10%. Pendant cette phase, les insectes testés sont gardés à 25°C et 80-85% H.R., dans une zone sombre, ce qui diminue, entre autre, les risques d'agressivité entre les individus.

Le nombre d'individus testés a été assez variable : d'une part en fonction de la gamme de concentration nécessaire pour obtenir une mortalité très faible pour les concentrations les plus basses (proche de celle observée avec les témoins), et une mortalité presque totale aux concentrations les plus élevées ; d'autre part en raison - notamment pour la souche sensible - de la fréquente difficulté à avoir suffisamment de ces individus. Ainsi 180 à 440 femelles ont été utilisées pour l'étude des souches sensibles et 180 à 705 femelles ont été testées pour caractériser la toxicité des divers insecticides envers les souches résistantes.

Le plus souvent, 2 à 4 répétitions ont été effectuées pour chaque concentration testée.

La lecture des tests a été faite après 6 heures d'observation. Le critère de mortalité retenu était l'absence de déplacement des femelles quand celles-ci étaient touchées à l'aide d'un fin pinceau. La mortalité des insectes témoins, traités à l'eau, a généralement été inférieure à 5%, et tout test dont la mortalité témoin était supérieure à 10% était recommencé.

Afin de mieux cerner l'origine possible de la résistance, nous avons également cherché à étudier l'action de deux synergistes, utilisés conjointement à l'endosulfan, de façon à étudier leur action éventuelle sur une augmentation du niveau de sensibilité des souches de scolytes devenues résistantes à l'endosulfan. L'utilisation de ces synergistes a été la suivante: 6 ml de DEF (0,1 ml S,S,S-tributhylphosphorotrithoate) ou de piperonyl butoxide ont été pulvérisés à la Tour de Potter sur des lots d'insectes. Les femelles ainsi traitées étaient ensuite gardées pendant 2 heures avant d'être à nouveau soumises aux traitements insecticides classiques, selon des gammes de

concentration d'endosulfan. Les analyses statistiques ont été faites par POLO (Leora, 1987). Les résultats de droites de régression ont été comparés en utilisant le test de rapport de probabilité (savin et al. 1977).

II.4 - RÉSULTATS ET DISCUSSION

Après sélection des souches homozygotes résistantes au laboratoire, suite à une répétition des traitements à l'endosulfan (entre 400 et 1000 ppm), le facteur de résistance observé pour l'endosulfan était très élevé (> 2600 fois, tableau C). Ces niveaux de résistance sont en réalité du même ordre que ceux déjà mentionnés par le passé Brun et al. 1989, 1990a. Les résultats des tests de toxicité indiquent que les divers insecticides du groupe des organochlorés (lindane, dieldrin et aldrin) ont une très faible toxicité sur les souches résistantes, ce qui confirme donc le haut niveau de résistance croisée entre l'endosulfan et ces divers composés. Dans ces cas, les niveaux de résistance observés furent si élevés que le calcul du facteur de résistance ne devient plus possible. La mortalité observée avec la dieldrin sur les insectes résistants était nulle (à 150 000 ppm d'endosulfan) après 6 heures de test, alors que la mortalité n'atteignait que 2% à la concentration de 600 000 ppm d'aldrin à 6 heures pour n'atteindre que 38% après 7 jours d'observation. La mortalité des souches sensibles est par contre du même ordre.

En comparant la mortalité observée entre les souches résistantes et sensibles, nous avons pu confirmer qu'il n'y avait pas de résistance croisée avec les organophosphorés testés. Le classement de la toxicité, par ordre décroissant, a été le suivant : fénitrothion > pyrimiphos-méthyl > clorpyrifos > diazinon = malathion.

Parmi les insecticides expérimentés, le carbaryl a été le moins efficace et l'avermectin le plus toxique, ces deux composés ne présentant pas de résistance croisée avec l'endosulfan. Cependant, malgré sa haute toxicité au laboratoire, l'avermectin, du fait de son action essentielle par contact, n'offre pas de perspective d'avenir sur le terrain car nous avons par ailleurs démontré que les insecticides les plus efficaces l'étaient en raison de l'activité toxique de leur phase gazeuse (Parkin et al. 1992). Enfin, d'autres essais ont été réalisés, notamment avec l'*Azadirachna indica* dont les propriétés insecticides ont été souvent démontrées au laboratoire pour d'autres insectes. Le peu de succès obtenu lors des essais préliminaires réalisés au laboratoire sur le scolyte du café montre que les perspectives offertes par ce composé, extrait de plante, ne sont pas suffisantes pour contribuer à la lutte contre ce ravageur.

Tableau C - Réponses de souches sensibles et résistantes de *H. hampei* à divers insecticides

Insecticides	Strain	n	Slope \pm SE	LD ₅₀ (ppm)	95% CL	R.F. ¹
Endosulfan	S	300	2.70 \pm 0.52	42.3	16.4 - 61.2	
	R	705	2.29 \pm 0.26	109800	90600 - 142400	2614
Lindane	S	440	4.03 \pm 0.35	92.0	59 - 149	
	R	570	1.26 \pm 0.09	6574	3872 - 11062	71.5
Dieldrin	S	180	2.14 \pm 0.46	510	276 - 749	
	R	600	NE ²	NE	NE - NE	High ³
Aldrin	S	330	2.92 \pm 0.33	284	176 - 402	
	R	225	NE	NE	NE - NE	High ⁴
Malathion	S	270	2.30 \pm 0.24	104	55 - 169	
	R	345	2.99 \pm 0.34	135	63 - 201	1.3
Chlorpyrifos	S	255	3.88 \pm 0.43	94	47 - 143	
	R	225	2.93 \pm 0.34	83	47 - 129	0.9
Pyrim.-methyl	S	240	5.67 \pm 0.92	22	18 - 25	
	R	225	2.72 \pm 0.31	18	9 - 34	0.8
Fenitrothion	S	180	3.42 \pm 0.42	17.7	15.1 - 20.8	
	R	180	3.30 \pm 0.52	22.8	18.9 - 27.8	1.3
Diazinon	S	225	3.88 \pm 0.49	131	85 - 188	
	R	225	3.17 \pm 0.54	137	69 - 196	1.0
Avermectin	S	270	2.18 \pm 0.24	4.0	2.7 - 5.6	
	R	225	2.24 \pm 0.28	5.5	2.6 - 8.7	1.4
Carbaryl	S	375	2.76 \pm 0.32	722	427 - 1027	
	R	345	2.72 \pm 0.25	1832	1545 - 2175	2.5

¹ Facteur de résistance (LD₅₀ R/LD₅₀S).

² NE valeur Non Estimée, du fait des niveaux de résistance trop élevés.

³ 3% de mortalité à 150,000 ppm après 7 jours.

⁴ 2% de mortalité à 300,000 ppm, après 6 heures, 38% de mortalité après 7 jours.

Tableau D - Réponse de souches résistantes et sensibles de *H. hampei* à différentes concentrations d'endosulfan, en présence ou en l'absence de synergistes. Dose létale 50% exprimée en ppm, après 6 heures d'observation.

souche & synergiste	n	pente ± SE	DL50 (ppm)	95% CL	RT ¹
S	300	5.46 ± 0.68	73.2	*	
S with PB	240	3.29 ± 0.34	69.0	*	1.0
R	478	0.69 ± 0.09	1050	590 - 1930	
R and PB	480	0.86 ± 0.08	1220	670 - 2700	0.9
S	300	2.70 ± 0.52	42.3	16.4 - 61.2	
S with DEF	300	3.96 ± 0.45	46.7	29.7 - 66.1	0.9
R	460	0.50 ± 0.10	2710	445 - 27000	
R with DEF	476	0.48 ± 0.08	2460	889 - 13800	1.3

¹Rapport de Toxicité ((DL50 Insecticide/DL50 Insecticide +Synergiste)

III - RELATIONS ALLELOCHIMIQUES.ENTRE *H. HAMPEI* ET LE CAFEIER

INTRODUCTION

Le café semble trouver son origine vers la fin du XVII ème siècle au Yémen. Actuellement, le genre *coffea* (Rubiacé, dicotilédone) compte plus de 50 espèces dont *coffea arabica*, *coffea canephora*, *coffea liberia*, *coffea dewerei* qui sont d'importance économique et qui contiennent de la caféine. La majorité des grands producteurs de café sont des pays en développement aux économies fragiles où la caféiculture représente un élément capital de leurs revenus.

L'arôme du café torréfié est un des sujets les plus étudiés par les sciences agro-alimentaires. En 1987, 700 composés étaient répertoriés et 100 de plus étaient attendus pour 1990 (SHIMODA, 1990). La majorité de ces produits furent identifiés dans les années 1960 avec les débuts de la Chromatographie en Phase Gazeuse (GC), notamment par STOLL *et al* (1967) qui identifient 202 produits (hydrocarbures, aldéhydes, cétones, esters, furannes ...). La quasi-totalité de ces études porte sur le café torréfié et non sur le café frais. Seules de rares publications, comme celle de SPADONE *et al.* (1990) et LIARDON *et al.* (1989) traitent, pour des raisons particulières, des composés volatils du café frais.

Dans une première partie, nous définirons la technique d'extraction que nous nous proposons d'utiliser : la collecte d'effluves. Cette technique a été choisie lors de précédent travaux (MATHIEU, 1991). A notre connaissance, aucune étude des substances volatiles du café frais par collecte d'effluves n'a été effectuée.

Le scolyte du café *Hypothenemus hampei* provoque des pertes économiques considérables chez la quasi totalité des producteurs de café. Depuis sa description en 1867 par FERRARI, ce scolyte est rapidement devenu cosmopolite et a envahi presque toutes les zones productrices de café (CAB International Institute of Entomology., 1989. Distribution of maps of pest. *Hypothenemus hampei* Serie A, Map n° 170, London.). Les attaques de *Hypothenemus hampei* diminuent substantiellement les bénéfices des caféiculteurs et cela de manière variable suivant les années et le pays considéré. En effet, les taux d'infestation varient de 40 à 80 % en Afrique et de 20 à 60 % en Amérique du Sud (CASTRO, 1985 ; BAKER, 1985). A notre connaissance seul TICHELER (1961), MENDOZA MORA (1991) & GIORDANENGO *et al.* (1992) ont abordé les relations allélochimiques entre *Hypothenemus hampei* et sa plante hôte le café. Bien que tous trois aient montré l'existence de stimuli olfactifs, les résultats de ces trois études ne concordent pas. Ticheler conclut à une prédominance des facteurs visuels dans la reconnaissance de la graine alors que Giordanengo et Mendoza Mora affirment que les facteurs olfactifs prédominent. Ticheler met en évidence une préférence olfactive pour les cerises vertes par rapport aux cerises rouges alors que Giordanengo et Mendoza Mora montrent l'inverse.

Dans une deuxième partie, nous décrivons les méthodes mises au point ainsi que les principaux résultats obtenus concernant l'éthologie de ce ravageur.

L'écologie chimique du scolyte du café est un sujet d'étude peu abordé, tant au niveau du comportement de l'insecte qu'au niveau de la chimie du café frais. Du fait de l'importance de ce domaine dans la dynamique propre de l'espèce, il paraît urgent que des travaux de recherche soient réalisés. En effet, la compréhension de ces phénomènes est nécessaire pour la mise en place de stratégies de lutte contre ce ravageur, du type protection intégrée des cultures, visant à limiter l'emploi des pesticides et à améliorer la qualité du produit.

III -1 - MISE AU POINT D'UN TEST DE MARCHE POUR *H. hampei*

INTRODUCTION

Afin d'aborder les relations allélo-chimiques entre le scolyte et sa plante hôte, nous avons mis au point un test de comportement rapide et fiable. Ensuite nous avons confirmé l'activité olfactive du café sur *H.hampei* et nous avons étudié les facteurs responsables des contradictions rencontrées dans la bibliographie soit : la maturité du café, l'état sanitaire et la reconnaissance visuelle de la cerise de café.

A - MATERIELS & METHODES

A.1. Description du dispositif, données exploitables & conditions expérimentales

Le dispositif est représenté par les figures 1 & 2. Il se compose d'un disque de 20 cm de diamètre porte stimuli et d'un support de marche constitué par un cylindre de 20cm de diamètre et de 3cm de hauteur sur lequel un grillage fin a été tendu et thermosoudé à sa circonférence. Les cerises de café sont placées sur le porte stimuli et le support de marche est maintenu à 2 ou 3 mm des cerises par 4 tiges. Le support de marche existe en 3 versions : OV (Olfactif & Visuel), V (Visuel et O (Olfactif)). La version OV ne comporte que la grille de marche qui laisse passer les odeurs et qui permet au scolyte de voir les cerises. La version V comporte une feuille de rétroprojecteur fixée par thermosoudure sur toute la circonférence sous la grille de marche. Ce système empêche les odeurs de se répandre dans le dispositif de marche. La version O comporte une mousse noire de 3mm d'épaisseur fixée par thermosoudure sur toute la circonférence sous la grille de marche. Les odeurs circulent donc à travers la mousse et les cerises n'étant pas éclairées sont invisibles pour les scolytes.

Le support de marche est divisé en 5 secteurs (Fig 1 & 2). Les insectes sont introduits dans le secteur central (n°5) puis le nombre de scolytes est noté dans chaque secteur à 1min, 2min, 3min et 4 min. Les variables exploitables sont calculées à partir du nombre de scolytes trouvés par

secteur comme (par exemple) la moyenne par secteur avec stimuli et par secteur sans stimuli sur l'ensemble des 4 min du test.

Les conditions expérimentales sont notées dans une banque de données "Protocole". La température est régulée entre 25 et 27°C, l'humidité est maintenue entre 75 et 90% et la lumière utilisée provient d'un néon de 38 W muni d'un filtre rouge très dense.

Nota : Des tests préliminaires ont montré qu'il était impossible de réaliser un test de marche en lumière blanche car 95% des insectes s'envolent avant la fin du test. Ceci nous a contraint à travailler en lumière rouge peu intense et à mener une série de tests de vol pour mieux cerner le phénomène. Voir graph 9: "Envol de *H.hampei* à partir du dispositif de marche".

A.2. Elevage et tri des insectes

Les données acquises sur les insectes sont disponibles dans une banque de données "Insectes". Les insectes utilisés pour cette série de tests proviennent d'un élevage sur cerises ou de cerises scolytées récoltées dans les champs.

Récolte : les cerises scolytées sont récoltées rouges et mises à sécher au laboratoire 2 à 3 jours sous un ventilateur. Ensuite, ces cerises sont groupées par centaines, mises dans des boîtes cylindriques transparentes et aérées sur leurs 2 faces, puis stockées dans la salle d'élevage (T : 27 °C, HR : 85%, lumière du jour)

Elevage sur cerises : des cerises saines et rouges sont récoltées dans des champs. Dans la même journée, elles sont disposées sur une seule couche dans une grande boîte rectangulaire un certain nombre de scolyte sont déposés (4 scolytes par cerise) sur cette couche de cerises avant de refermer la boîte avec une moustiquaire à mailles très fines. L'ensemble est laissé 2 à 3 jours avec une température comprise entre 20 et 25 °c, une humidité comprise entre 60 et 70 % et éclairé par la lumière du jour (pas de soleil direct). La suite se déroule comme s'il s'agissait de cerises scolytées : séchage et stockage dans la salle d'élevage.

Pour ces expériences de marche, nous avons uniquement utilisé des femelles colonisatrices (qui sortent volontairement des drupes). En effet, ce sont elles qui assurent la dispersion de l'insecte dans le champs en sortant des cerises pendant la période d'activité. Les insectes sont recueillis hors des cerises pendant la période d'activité (entre 13h et 18h) et utilisés le plus rapidement possible pour les tests de comportement.

A.3. Café utilisé

Les données acquises sur le café sont disponibles dans une banque de données "Café". Pour l'ensemble des tests de comportement effectués jusqu'à ce jour, nous avons utilisé la variété Robusta récolté sur une même parcelle, à Gadji. D'une manière générale, le café est cueilli vers 13h et disposé sur le porte stimuli du dispositif de marche dans les 3/4 d'heures qui suivent. La durée des tests sur un même lot de café n'excédant pas 2h, le temps entre la cueillette des cerises et le test reste inférieur à 4 heures.

A.4. Facteurs, plan d'expérience, déroulement des tests et organisation des données

Nous avons étudié 5 facteurs de façon à mieux connaître le test lui-même et de clarifier les modalités de l'attraction de *H.hampei* par le café à courte distance.

Le facteur heure, à 2 niveaux (H1 entre 13h30 et 15h30 & H2 entre 16h30 et 18h30) étudie d'éventuelles variations de réponse sur la durée de la phase d'activité et nous permettra de savoir sur quelle plage horaire le test de marche est utilisable.

Le facteur rang à 3 niveaux (R1, R2 & R3) qui représente le nombre de tests consécutifs subis par un même groupe d'insectes, mettra en évidence d'éventuels phénomènes d'accoutumance ou de fatigue au test de marche ou permettra de savoir si l'utilisation répétée d'un même groupe d'insectes peut être assimilée à des répétitions ou non.

Le facteur dispositif à 3 niveaux (OV Olfactif et Visuel simultané, O Olfactif et V Visuel) doit clarifier les modalités de l'attraction de *H. hampei* par le café en mettant le scolyte dans trois situations différentes et permettra de disposer dans l'avenir du support de marche le plus adéquat possible.

Les facteurs maturité et état sanitaire respectivement à 3 (R, V, et R/V) et 2 (Rs et R/Rs) niveaux montreront d'éventuelles variations d'attractivité. Les stimuli se composent de 10 cerises de café disposés dans un seul secteur pour les cas R, V et Rs. Pour les cas de comparaisons directes R/V et R/Rs 20 cerises rouges réparties sur 2 secteurs contigus sont respectivement opposées à 20 cerises vertes ou rouges scolytées réparties sur les 2 autres secteurs.

Le plan d'expérience choisi est proche "d'un plan d'expérience en randomisation totale" puisque seul le facteur heure n'est pas étudié pour la totalité des autres niveaux de facteurs. En effet, le facteur état sanitaire et le niveau R/V du facteur maturité ne sont pas étudiés en fonction du facteur heure. La figure 8 synthétise le déroulement de ce plan.

Les données sont organisées sur 3 bases de données (BD).

- 1) BD "Café" qui contient les renseignements relatifs au café
- 2) BD "Insecte" qui contient les renseignements relatifs aux insectes
- 3) BD "Protocole" qui contient les renseignements et les résultats relatifs aux tests de marche

Ces bases de données sont interactives, créées et saisies sur EXCEL et exploitées avec le langage SQL et SQL Plus du progiciel de base de donnée ORACLE.

B. RESULTATS

Les résultats sont présentés sur les tableaux de 1 à 7 et les graphiques de 1 à 7 explicités par le document "Légende Générale". Des analyses statistiques sont développées pour mettre en évidence les données significatives et sont présentées sur les documents "Stat 1, 2 & 3".

Les facteurs Heure & Rang (Tableaux 1 et 2, graphique 3)

Sur les 12 tests qui comportent les 6 analyses de variance à 2 voies, seul le test sur le facteur heure de l'analyse pour le dispositif O à la maturité V est significatif. Les 11 autres tests ne sont pas significatifs (risque de 5%). Si un effet rang ou heure reste possible, notre plan d'expérience montre que cet effet doit être de faible amplitude ou en dehors des limites étudiées par nos niveaux de facteurs heure et rang. Pour la suite de cette étude, nous pouvons donc admettre que des insectes testés plusieurs fois sur la plage horaire de 14h à 18h forment un groupe d'insectes homogène et indépendant.

Le facteur dispositif (Tous les tableaux et graphiques)

Les tests de Student comparant les dispositifs et réalisés sur tous les niveaux des facteurs maturité et état sanitaire montrent que les dispositifs O et OV donnent des résultats identiques alors que le dispositif V donne des résultats différents des 2 autres. Avec les tests de KHi2 du tableau III, on constate que les dispositifs O et OV donnent des différences significatives alors que le dispositif V ne met en valeur aucune différence significative.

Les facteurs maturité et état sanitaire (Tous les tableaux et graphiques)

Les tests de KHi 2 du tableau III montrent qu'avec les dispositifs O et OV les cerises R, V et Rs sont attractives pour le scolyte et que les cerises rouges sont plus attractives que les vertes (R/V). De plus, aucune différence n'a été mise en valeur pour le niveau R/Rs quelque soit le dispositif utilisé. Les tests de Student comparant les niveaux R, V et Rs et réalisés sur tous les niveaux du facteur "dispositif" confirment l'existence de variations d'attractivité en fonction de la maturité et de l'état sanitaire de la cerise. Les cerises rouges sont plus attractives que les cerises vertes.

Le temps M1, M2, M3 et M4

Les tableaux 4, 5 & 6 et le graphique 7 montrent les réponses aux tests en fonction du temps (M1, M2, M3 et M4). Les tests de KHi 2 du tableau 4 donnent les mêmes résultats que ceux du tableau 3. Nous n'avons pas pu mettre en évidence un moment (M) plus discriminant qu'un autre. La variable la plus intéressante à prendre en compte est donc bien la moyenne des effectifs de M1 à M4 de *H.hampei* présents dans le secteur considéré.

C. CONCLUSION

C.1. Le dispositif : qualité, défaut, développement souhaitable.

Globalement, le test décrit ci dessus, se comporte d'une manière satisfaisante tant au niveau de son utilisation qu'au niveau de sa sensibilité. Nous pouvons donc maintenant envisager des études sur les substances naturelles ou artificielles et avec différentes populations de scolytes en ayant l'assurance de posséder un test qui mettra en évidence une éventuelle réponse olfactive. Les principales qualités de ce test restent sa rapidité, sa simplicité, ses possibilités de diversification des mises en scène et la compatibilité des résultats obtenus avec un fichier de base de données .

Son principal défaut est le type d'acquisition des données. En effet, le comptage s'effectue visuellement en faible lumière une fois par minute sur 4 minutes. Vu la mobilité du scolyte, il serait souhaitable, afin d'augmenter la sensibilité et la précision, d'effectuer un plus grand nombre de relever sur les 4 minutes du test. Pour cela, une acquisition numérique de l'image à l'aide d'une caméra vidéo et d'un logiciel approprié semble être la meilleure solution.

C.2. Vision, olfaction

Il semble qu'avec nos conditions (lumière Rouge), la vision de la cerise n'intervient pas dans la réponse de *H.hampei*. En effet, les dispositifs O et OV donnent des réponses identiques et démontrent une bonne activité du scolyte alors que le dispositif V ne met rien en évidence. Ticheler démontre la sélection des cerises en fonction de leur couleur en mettant en présence des scolytes avec des cerises artificielles. Les résultats sont relevés 12 à 18 heures plus tard. Dans le cas du test de marche, la réponse olfactive que nous obtenons est de l'ordre de la minute. Si l'on introduit des *H.hampei* à proximité de cerises de café mûres, 2 à 3 heures suffisent pour avoir un comportement de "forage" sur les cerises de café (GIORDANENGO, 1992). Par contre, en présence de cerises artificielles le scolyte se positionne par petits agrégats sous la cerise après avoir vainement chercher un fruit à sa convenance. A la fin de la phase de recherche pendant laquelle *H.hampei* présente un phototropisme positif et un thymotactisme neutre le scolyte change de comportement. Un phototropisme alors négatif et un thymotactisme alors positif pourraient expliquer le choix de l'insecte lorsqu'il se place par petits agrégats sous la cerise la plus sombre.

C.3. La maturité, l'état sanitaire

En accord avec MENDOZA MORA (1991), et GIORDANENGO *et al.* (1992) mais à l'inverse de Ticheler (1961), les tests d'olfaction montrent une préférence de *H.hampei* pour les cerises rouges par rapport aux cerises vertes. Il existe donc bien un facteur maturité important qui conditionne la réponse olfactive du scolyte. Les résultats que nous obtenons en fonction de l'état sanitaire sont plus difficiles à interpréter. Bien qu'avec le dispositif OV, les cerises saines semblent plus attractives que les cerises scolytées, la comparaison directe R/Rs et le dispositif O ne mettent pas en évidence de différences significatives. La différence observée pour le dispositif OV peut s'expliquer par des variations dues aux populations de scolytes testées. Dans nos conditions expérimentales et avec les cerises scolytées que nous avons choisies (en bon état apparent), il semblerait que le facteur "état sanitaire" n'engendre pas de réponses olfactives différentes.

RÉPONSE DE *H. hampei* AU TEST DE MARCHE EN FONCTION DU FACTEUR POPULATION.

A- INTRODUCTION

Les premiers tests de marche nous ont permis de mettre au point un dispositif efficace et rapide avec lequel nous avons étudié les modalités de l'attraction de femelles colonisatrices par sa plante hôte, le café. L'objectif de cette série de tests est double et consiste, d'une part, à tester l'attractivité d'extraits réalisés avec la technique de la collecte d'effluves sur des femelles colonisatrices, et d'autre part, de mettre en évidence des variations d'attractivité en fonction de différentes populations de scolytes.

B- MATERIEL ET METHODE

Le dispositif utilisé est le même que celui décrit dans "Mise au point d'un test de Marche pour *Hypothenemus hampei* dans le cadre de l'étude des relations entre le scolyte et sa plante hôte le café" (Fig 1 & 2). Pour cette série d'expérience, nous avons utilisé uniquement le dispositif OV. Les conditions d'utilisation du test restent inchangées. Le café utilisé, que ce soit pour les collectes d'effluves ou pour les stimuli olfactifs, reste le café Robusta au stade de maturité rouge de la plantation de Gadgi. Les collectes d'effluves réalisées sont disposées sur 3 demi-coton dentaire par injection de 3x 40µl à l'aide d'une seringue.

Description des différentes populations d'insectes :

- Fem col Gr, ce sont des femelles colonisatrices (qui sortent naturellement des cerises) issues de l'élevage sur cerises avec le dispositif de sortie décrit dans "Dynamique de sortie de *H. hampei* en présence de cerises vertes" (Fig 5).

-Fem diss Gr, ce sont des femelles issues de l'élevage sur cerises qui, par opposition aux femelles colonisatrices, ne sont pas sorties volontairement des cerises mais qui ont été obtenues grâce à leur dissection.

- Fem col mil, ce sont des femelles colonisatrices issues de l'élevage sur milieu artificiel.

- Fem diss mil, ce sont des femelles récoltées par dissection du milieu d'élevage. Ces femelles ont été introduites au stade nymphal, à 10 dans une logette avec 2 mâles. Elles sont donc fécondées à 90% et sont âgées de 15 à 20 jours pendant les tests.

- Fem vierge, ce sont des femelles obtenues de la même manière que les Fem diss mil, mais en l'absence de mâle.

C- RESULTATS

Les résultats sont présentés dans le graphique 8 qui comprend un graphique, un tableau de données et des statistiques montrant les différences significatives.

Les tests réalisés avec des collectes d'effluves sur des femelles colonisatrices ne mettent pas en évidence des différences significatives.

Les tests réalisés sur des populations différentes avec des cerises rouges montrent que :

- Les Femelles vierges sont inactives.
- Les Femelles obtenues à partir de la dissection du milieu se répartissent préférentiellement sur les secteurs sans cerises
- Les Femelles colonisatrices sur milieu ou sur graines et obtenues à partir de graines disséquées sont actives et se répartissent préférentiellement sur les secteurs avec cerises.

D- CONCLUSION

Il existe des femelles actives et d'autres qui ne sont pas actives. Ce phénomène reste à étudier plus en détail et peut probablement être relié à l'âge (ou maturité) de la femelle. En effet les femelles actives (Fem col mil et Gr et Fem diss Gr) sont bien plus âgées que les femelles vierges et femelles obtenues à partir de la dissection du milieu.

CARACTÈRES VISUELS, PHOTOTROPIQUES & CHROMATO-TROPIQUES DE LA RECONNAISSANCE DE SA PLANTE HÔTE LE CAFÉ

A. INTRODUCTION

Les travaux que nous avons effectués jusqu'à présent montrent une activité olfactive de la cerise de café sur le scolyte. Pendant ces expérimentations, le dispositif et la lumière peu intense utilisés n'ont pas permis de mettre en évidence une activité visuelle comme la décrivent Ticheler (1961) et Mendoza Mora (1991). Ticheler conclut même à la prédominance des stimuli visuels devant les stimuli olfactifs. Ces deux auteurs utilisent un protocole décrivant "un choix final" c'est à dire à la fin de la phase d'activité de la femelle colonisatrice et non un choix initial caractéristique de la direction prise par une femelle pendant sa phase d'activité. En effet, dans leurs expériences, la mesure du choix s'effectue 12 à 18h après l'initiation du test et pendant la phase de repos de l'insecte.

Ce qui nous intéresse de connaître ici est le choix primaire de l'insecte, vers quelle cerise va t'il se diriger en premier et de différencier les stimuli phototropique et chromatotropique.

B. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Principe : nous allons présenter 2 drupes artificielles différentes dans une boîte de pétrie de 10 cm de diamètre à un groupe de 5 à 8 femelles colonisatrices (fig 4) pour évaluer le choix initial et le choix final. Le choix initial est défini comme étant le nombre de fois qu'une cerise est touchée par les femelles pendant les 2 premières minutes qui suivent l'introduction des insectes. Le choix final représente la position des insectes à la fin de la phase d'activité. Pour cela, le nombre insectes en contact des cerises est totalisé.

Confection de cerises artificielles : de la paraffine modelable colorée est pétrie jusqu'à l'obtention de la forme d'une cerise de café. L'ellipsoïde ainsi obtenue est trempée dans de la paraffine très chaude pour obtenir une fine couche transparente donnant un effet brillant et durcissant la surface de la fausse cerise. Enfin, un petit morceau de fil de fer recouvert d'un film plastique vert est enfoncé à une des extrémités de la cerise.

Les intensités lumineuses réfléchies par ces cerises artificielles sont mesurées à l'aide d'une cellule photo-électrique placées à 15 cm de 15 graines artificielles contiguës éclairées par une lampe (100 watt et 3100 °K) distante de 70cm. De plus, la température de réflexion des cerises est estimée à l'aide d'un thermocolorimètre.

Choix des couleurs et des niveaux de gris : afin d'étudier les 2 phénomènes distincts de phototropie et de chromotropie, nous avons choisi de tester 2 par 2 quatre couleurs et trois niveaux de gris.

Couleur : rouge, bleu, jaune & vert

Gris : noir, gris & blanc.

Les insectes utilisés viennent de cerises sèches infestées récoltées dans les champs et sortant des cerises naturellement. Ce sont donc des femelles dites colonisatrices.

Déroulement des tests : toutes les combinaisons (21 au total) sont testées 12 fois en introduisant 5 à 8 insectes par tests. Six combinaisons avec 3 répétitions sont testées en une après-midi. Une même disposition des boîtes est donc utilisée 3 jours consécutifs pour obtenir les 12 répétitions par niveau. Les cerises sont placées dans les boîtes de pétrie vers 14h sur un papier filtre humide qui facilite le déplacement des scolytes. A 15h les insectes sont récoltés, introduits dans des boîtes transparentes par groupe de 25. Le test est initié vers 15h30 en introduisant dans la première boîtes un groupe d'insectes. Ce n'est qu'après l'évaluation du choix initial par comptage sur 2 min du nombre de fois qu'une cerise est touchée que les insectes de la boîte suivante sont introduits. La phase du test de "positionnement des insectes" s'échelonne donc de 15h30 à 16h30. Après la tombée de la nuit, soit après 18h, le choix final est évalué en dénombrant des insectes en contact avec les graines. Les scolytes ayant pu sortir de la boîte ou ne se trouvant pas en contact avec une cerise sont considérés comme n'ayant pas fait de choix.

C. RÉSULTATS

Données qualitatives : description du comportement.

Après l'introduction des insectes dans la boîte de pétrie, les femelles se déplacent sur le papier filtre. Un nombre important se dirige droit sur une cerise alors qu'un nombre plus restreint se dirige vers la périphérie de la boîte pour suivre le bord du papier filtre. Généralement, un insecte qui passe à proximité d'une cerise va au contact de celle-ci.

Après un temps très variable, le scolyte s'éloigne de cette cerise pour : i) aller vers l'autre cerise, ii) aller vers le bord de la boîte, soit revenir sur ces pas au contact de son choix précédant. Ainsi, les différences observées lors des tests pour le choix initial s'expliquent par l'addition de 3

comportements : le premier choix, le temps de contact avec la cerise et le nombre de retour à une même cerise sans avoir touché la seconde.

Cette activité de marche diminue avec le temps pour devenir nulle un peu avant la tombée de la nuit. Il y a donc, à un moment donné, un choix final qui s'effectue dans des conditions de lumière et d'activité différentes du choix initial. Ce choix final est donc partiellement lié à la répartition établie lors du choix initial.

Progressivement les insectes se regroupent par petits agrégats sous les cerises ou parfois sous le papier filtre et quelques femelles réussissent à forer les fausses cerises, principalement les rouges et les noires.

Données quantitatives : (Tableau VIII) : les résultats test par test permettent d'établir une classification de la préférence des femelles colonisatrices :

Rouge>Noir>Gris≈Bleu>Vert>Jaune>Blanc. Ce classement, très souvent statistiquement significatif et sans aberration, est confirmé par le classement de la somme des effectifs par couleurs. En effet, chaque cerise ayant été testée de manière identique et avec le même nombre d'insectes à l'ensemble des autres couleurs, les sommes des effectifs par couleur sont directement comparables.

Le choix initial et le choix final sont liés et ne présentent pas de différence statistiquement significatives (Graph 11, 12, 13 & 14).

Enfin, nous avons pu établir une corrélation entre la réponse de l'insecte et l'intensité lumineuse réfléchie, à l'exception du rouge qui présente une réponse anormalement élevée par rapport à son intensité lumineuse réfléchie (Réponse visuelles de *H.hampei* a de fausses cerises de café en fonction de l'intensité lumineuse réfléchie)

D. CONCLUSION

La préférence visuelle observée ici pour le scolyte est en accord avec celle relatée par TICHELER (1961) et MENDOZA MORA (1991). De plus cette classification coïncide avec celle des préférences olfactives établie précédemment avec le test de marche où nous avons montré une préférence des cerises rouges devant les cerises vertes. Nous avons également montré que le choix visuel d'une cerise de café nécessite une durée très courte, de l'ordre de la minute, comparable à celle du choix olfactif.

Les caractéristiques du choix observé semblent avoir 2 composantes : une chromatotropique (préférence de la couleur rouge) et l'autre phototropique (préférence pour les cerises foncées).

Il semble donc très probable que l'attractivité d'une cerise de café soit une somme de stimuli olfactifs, chromatotropiques et phototropiques.

Notre dispositif, ne nous a pas permis d'étudier l'influence de la forme de l'objet sur l'attraction de l'insecte. En effet, on peut supposer que la vue d'un rameau chargé de cerises soit plus attractif qu'un rameau ne portant qu'une cerise.

DYNAMIQUE DE SORTIE DE *Hypothenemus hampei* EN PRESENCE DE CERISES VERTES

A. INTRODUCTION

Le scolyte du café *Hypothenemus hampei* provoque des pertes économiques considérables chez la quasi totalité des producteurs de café. Les taux d'infestation varient de 40 à 80 % en Afrique et de 20 à 60 % en Amérique du Sud (BAKER, 1985 & CASTRO, 1985).

A l'intersaison, on trouve sur les arbres des cerises de café sèches scolytées et des cerises vertes immatures. Cette période est cruciale pour la dynamique ultérieure des populations du scolyte du café car les drupes sèches constituent un réservoir de réinfestation qui peut être très important, une seule cerise peut en effet abriter plus d'une centaine de femelles.

Les facteurs physiologiques ou abiotiques qui induisent la sortie de ces femelles (dites alors colonisatrices) sont mal connus. La période d'activité de la femelle s'échelonne de 10 h à 18 h avec un maximum entre 14h et 16h (GIORDANENGO, 1992). Pendant cette phase d'activité, les cerises de café sont visuellement et olfactivement attractives pour les femelles colonisatrices (GIORDANENGO, 1992, MENDOZA MORA, 1991 & TICHELER, 1961).

Nous avons donc étudié, au laboratoire, les fréquences de sortie de ces femelles colonisatrices en fonction de la luminosité, de la pression atmosphérique ambiante et de la proximité ou non de cerises vertes.

B. MATÉRIEL & MÉTHODE

Dispositif de sortie (Fig 5). Une boîte obscure à la lumière (A) est reliée, par un tube transparent (B), à une boîte translucide (C). La boîte (A) contient des cerises sèches alors que la boîte (C) peut contenir des cerises vertes. Le tube de liaison (B) est grillagé à son extrémité (C). Attirées par la lumière pendant leur phase d'activité, les femelles se déplacent de (A) vers (C), sans pouvoir pénétrer dans cette dernière boîte et entrer en contact des cerises.

Déroulement chronologique des essais 1, 2 & 3 :

- Récolte des cerises sèches sur le terrain et vérification de leurs taux d'infestation.
- Disposition des cerises sèches (n = 5 à 13) dans les boîtes (A) du dispositif expérimental, et de deux cerises vertes dans les boîtes (C).
- relevé journalier des femelles sorties et renouvellement des cerises vertes vers 17h30.
- En fin d'expérience, dissection des cerises sèches pour dénombrer la population de femelles résiduelles.

Les essais 1, 2 & 3 se sont déroulés à 27°C et à une humidité relative de 90%. Le dispositif de sortie est positionné face à une fenêtre et subit donc les variations d'intensité lumineuse naturelle. Sur l'ensemble de ces 3 essais, 12200 sorties de femelles colonisatrices ont été totalisées.

Mesure indirecte de la fécondation des femelles colonisatrices. Le pourcentage de fécondation des femelles colonisatrices (sorties en présence ou en l'absence de cerises vertes) a été mesuré indirectement, par l'observation de la viabilité des pontes. Chaque femelle testée est introduite dans une logette contenant un peu de milieu artificiel d'élevage. Les femelles n'ayant pas pondu dans un délai de deux mois (ou ayant produit des oeufs stériles) sont considérées comme "vierges". Ces observations ont été effectuées à température et luminosité ambiantes sur un total de 512 femelles testées. Le milieu d'élevage utilisé au laboratoire depuis 1989 permet à toute femelle fécondée de produire une ponte viable (BRUN et al 1993).

C. RÉSULTATS (Graph 15)

Les sorties présentent des variations journalières importantes liées à l'insolation et les insectes sortent de la boîte (A) plus abondamment en présence de cerises vertes qu'en l'absence de ces cerises. En moyenne 35% de sorties supplémentaires ont été observées en présence de cerises vertes. Cependant, les variations journalières, en partie induites par l'insolation, restent bien plus importantes que les variations de sorties induites par la présence ou l'absence de cerises (Graph 15).

Part contre, sur la durée de nos essais, la mesure de la pression atmosphérique n'a pas permis d'établir de corrélation avec les sorties.

Environ 95% des femelles testées ont donné une descendance. Ce pourcentage est constant, en présence ou en l'absence de cerises vertes. Après la mise sur milieu artificiel, une période de 3 à 50 jours est nécessaire pour obtenir la première ponte.

D. CONCLUSION

Ces expérimentations confirment que les femelles colonisatrices possèdent un phototropisme positif (GIORDANENGO, 1992) et montrent que leurs sorties des cerises sèches dépendent de l'insolation ainsi que de la présence ou non de cerises vertes. Deux hypothèses indépendantes ou liées peuvent expliquer les variations de sorties observées :

1). les stimuli lumineux et olfactifs pénétrant dans la boîte (A) par l'orifice du tube (B) favorisent le changement comportemental de simple "*femelle fécondée vivant à l'intérieur d'une cerise*" à celui de "*femelle colonisatrice*".

2). une fois les insectes sorties des cerises, les stimuli lumineux et olfactifs présents dans la boîte (A) ainsi que les stimuli visuels et olfactifs présents dans le tube B optimisent le déplacement de (A) vers l'extrémité opposée de (B) et limitent le nombre de retour de (B) vers (A).

L'augmentation des sorties de femelles colonisatrices en présence de cerises vertes confirme l'importance des stimuli olfactifs ou/et visuels (GIORDANENGO, 1992, MENDOZA MORA, 1991 & TICHELER 1961) dans la dynamique de colonisation des baies de café.

Des études comportementales sont actuellement en cours, au centre ORSTOM de Nouméa, pour établir les rôles respectifs de la vision et de l'olfaction.

PERSPECTIVES

L'étude des relations allélochimiques d'un ravageur et de sa plante hôte, nécessite à la fois une approche physico-chimique et une approche éthologique qui doivent être poursuivies simultanément. Pour cela, la collaboration entre le laboratoire d'entomologie du centre ORSTOM de Nouméa et le laboratoire des médiateurs chimiques de l'INRA, doit être poursuivi.

Approche physico-chimique :

Le travail engagé actuellement sur la partie physico-chimie est de 2 ordres.

1) Les collectes d'effluves réalisées en Nouvelle-Calédonie sont analysées en GCMS (Chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse) à l'INRA pour obtenir la structure des substances chimiques volatiles émises par le café frais.

2) Une étude approfondie de notre collecteur d'effluves va nous permettre d'effectuer des travaux quantitatifs et de connaître les limites de cette technique dans le cas de notre étude.

Par la suite, l'utilisation d'un piège cryogénique à la place du piège actuel à adsorbant (XAD 2) doit être envisagé. En effet, les techniques cryogéniques permettent l'étude des molécules ayant un point d'ébullition inférieur à 80°C ce que ne permet généralement pas un piège à adsorbant. Or, on ne peut exclure, que certaines molécules émises par le café et actives sur *H. hampei*, soient contenues dans la fraction la plus volatile.

Approche éthologique :

Après mise au point de 2 dispositifs de marche, l'un mettant en évidence une attraction olfactive (fig 1 & 2) et l'autre une attraction chromatographique (fig 4) nous envisageons maintenant 3 voies distinctes de recherche.

1) Mettre en évidence des variations d'activité olfactive en fonction de différentes variétés de café et du vieillissement de la cerise entre la cueillette et le test.

2) Mettre en évidence l'activité olfactive de différents extraits de café, de collectes et de produits de synthèse en fonction de différentes doses et selon différents protocoles d'émission des substances dans le dispositif de marche.

3) Mettre en évidence des variations d'activité olfactive et visuelle en fonction de facteurs physiologiques liés à la femelle : age, fécondation, temps entre la sortie de la cerise et le test et enfin en fonction du nyctémère.

Pour aborder ces divers aspects, 6 olfactomètres réalisées d'après le prototype déjà expérimenté (fig 1 & 2) ont été construits pour améliorer la qualité et la fréquence des tests.

En fonction des difficultés rencontrées et des résultats obtenus, des études complémentaires pourront être mises en place

Enfin, des tests de piégeages sur le terrain prévus pour Décembre 1993 devraient être entrepris en Nouvelle-Calédonie pour confirmer les résultats obtenus en laboratoire

BIBLIOGRAPHIE

- BAKER P., 1985.** Biología e historia natural de la broca del café. Proyecto regional de control de peste del café. Rapport AID/ROCAP n° 596-0090. Guatemala, pp 105-143.
- BERGAMIN, J. & W. E. KERR. 1953.** Determinacao do sexo e citologia da broca do cafe. Ciencia e Cultura. 3: 117-121.
- BRUN, L. O., C. MARCILLAUD, V. GAUDICHON & D. M. SUCKLING. 1989.** Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. J. Econ. Entomol. 82: 1311-1316.
- BRUN, L. O., C. MARCILLAUD, V. GAUDICHON & D. M. Suckling. 1990.** Monitoring of endosulfan and lindane resistance in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. Bull. Ent. Res. 80: 129-135.
- BRUN L. O., GAUDICHON V. AND WIGLEY P., 1993.** An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera scolytidae), Insect. Sci. Application (sous presse).
- CAB International Institute of Entomolgy., 1989.** Distribution of maps of pests. *Hypothenemus hampei* (Ferr.). Serie A (Agricultural), Map n° 170, London.
- CASTRO J., 1985.** La broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr) y su importancia en la caféicultura. Proyecto regional de control de peste del café. Rapport AID/ROCAP n° 596-0096, Guatemala, pp 92-96.
- CORBET, G.H., 1993.** Some preliminary observations on the coffee berry borer, *Stephanoderes (Cryphalus) hampei* Ferr. Malayan Agricultural Journal 21: 8-22.
- GIORDANENGO P., 1992.** Biologie, éco-éthologie et dynamique des populations du scolyte des grains de café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera scolytidae), en Nouvelle-Calédonie, Ph D Thesis, Université de Renne 1, France, pp 110.
- GIORDANENGO P., L.O. BRUN & B. FREROT 1992.** Evidence for allochemical attraction of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* by coffee berries. Journal of Chemical Ecology. 19, 763-769.

- LEORA, 1987.** POLO-PC. A users'guide to probit or logit analysis. Berkley, California.
- LIARDON, R., SPADONE, J.C., Braendlin, N. & Dentan, E., 1989.** Multiplinary study of rio flavor in brazilian green coffee. Proceeding, 13th International Symposium on coffee; ASIC, 117-126.
- MATHIEU F., 1991,** Etude des composés chimiques émis par le café et ayant une activité biologique sur le scolyte *Hypothenemus hampei* (ferr), Diplôme d'étude approfondie, Université de Paris VII, France, pp 21.
- MENDOZA MORA J. R.,1991.** Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos, Magister Scientiae, Universidade Federal de Viçosa, Brazil, pp 44.
- MUNOZ, R. 1989.** Ciclo biogico y reproduccion partenogénica de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei*, (Ferr.) Turrialba, 39, 415-421.
- PARKIN, C. S., L. O. BRUN & D. M. SUCKLING. 1992.** Spray deposition in relation to endosulfan resistance in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. Crop Protection 11: 213-220.
- SAVIN,N.E., ROBERTSON, J.L., & RUSSEL, R.M., 1977.** A critical evaluation of bioassay in insecticide research: likelihood ratio tests of dose-mortality regression. Bulletin of the Entomolgal Society of America 23, 257-266.
- SHIMODA, M. 1990.** Isolation and identification of headspace volatiles from brewed coffee with an on column GC-MS method. J. Agric. Food. Chem. 38: 802-804.
- SPADONE, J.C. TAKEOKA G. & LIARDON, R., 1990.** Analytical investigation of rio off flavor in green coffee. J. Agric. Food. Chem. 38: 228-233.
- STOLL, M., WINTER, M., GAUTSCHI, F., FLAMENT, I. & WILHALM, B. 1967.** Recherche sur les arômes ; sur l'arôme du café I. Helv. Chem. Acta., 50: 628-633.
- TICHELER J., 1961.** Etude analytique de l'épidémiologie du scolyte des grains de café, *Stephanoderes hampei* Ferr en Cote d'Ivoire. Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen 6, pp 1-49.

VILLACORTA, 1985. Dieta meridica para criação de sucessivas gerações de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*. **14**: 315-319.

WATERHOUSE, D., and NORRIS, K.R. 1989. *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) coffee berry borer. *In* Biological Control Pacific Prospects-Supplement 1. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra. pp. 57-75.

ANNEXES

(FIGURES, GRAPHIQUES, TABLEAUX ET STATISTIQUES)

LÉGENDE GÉNÉRALE DES TABLEAUX 1 À 7 ET DES GRAPHIQUES 1 À 7

5 : Secteur central où sont introduits les insectes. Aucun stimuli n'est introduit dans ce secteur et les effectifs comptabilisés ne participent pas aux tests statistiques.

Type de test

R : 10 cerises rouges introduites dans 1 secteur

V : 10 cerises vertes introduites dans 1 secteur

Rs : 10 cerises rouges scolytées introduites dans 1 secteur

R/V : 20 cerises rouges introduites sur 2 secteurs (10 cerises par secteur) et 20 cerises vertes introduites sur les 2 autres secteurs. Cette disposition permet de comparer directement l'attraction des cerises rouges par rapport aux cerises vertes.

R/Rs : 20 cerises rouges introduites sur 2 secteurs sauf le 5 (10 cerises par secteur) et 20 cerises rouges scolytées introduites sur les 2 autres secteurs sauf le 5. Cette disposition permet de comparer directement l'attraction des cerises rouges par rapport aux cerises rouges scolytées.

Facteurs & type de résultats

H1 & H2 : Pour les tests ayant mis en jeux R & V, les tests H1 ont été effectués entre 13h30 et 15h30 et les tests H2 ont été effectués entre 16h30 et 18h30. Pour les autres tests, nous avons groupé les tests effectués sur toute l'après-midi, soit entre 14h et 18h.

R1, R2 & R3: Le protocole du test de marche implique qu'un même groupe d'insectes soit testé 3 fois successivement : R1 est le premier test du groupe, R2 le deuxième et R3 le troisième.

M1, M2, M3 & M4 : le test de marche se déroule sur 4 minutes pendant lesquelles les effectifs présents sur les secteurs sont comptés 4 fois. M1 entre 50s et 1min, M2 entre 1min 50 et 2 min, M3 entre 2 min 50 et 3 min et M4 entre 3 min 50 et 4 min.

Statistiques

Proba : le test utilisé est un test de KHi2 de comparaison de 2 distributions, une théorique et l'autre observée sur les secteurs 1, 2, 3 & 4. Les tests des blancs ont montré une répartition théorique de 25% par secteur soit :

25% pour S et 75% pour B dans les cas des tests R, V & Rs et

50% pour S et 50% pour B dans les cas des tests R/V & R/Rs.

KHi2 : est la variable KHi2 donnée par le test statistique précédemment décrit.

Graphiques

Dans les graphiques 3, 4 & 7, les données viennent respectivement des tableaux pourcent II, VII & VI.

Pour les graphiques 2 & 3 les données viennent du tableau poucent III.

Théo : Représente, sur les graphiques, les distributions théoriques

Seuil : Représente, sur les graphiques, le seuil de signification de la variable KHi2 avec un risque alpha = 5%.

Σ : H1+H2+R1+R2+R3

Pour tableaux MOYENNE

B : Dans les cas R, Rs & V, B est la somme de la moyenne des effectifs à M1, M2, M3 & M4 présents dans les 3 secteurs sans stimuli. Dans les cas R/V et R/Rs, B est la somme des moyennes des effectifs à M1, M2, M3 & M4 présents dans les 2 secteurs contenant les cerises rouges.

S : Dans les cas R, Rs & V, S est la moyenne des effectifs à M1, M2, M3 & M4 présents dans le secteur avec stimuli (Cerises rouges, vertes ou rouges scolytées). Dans les cas R/V et R/Rs, S est la somme des moyennes des effectifs à M1, M2, M3 & M4 présents dans les 2 secteurs contenant les cerises vertes ou rouges scolytées.

5 : Moyenne des effectifs à M1, M2, M3 & M4 présents dans le secteur 5

Pour les tableaux POURCENTAGE par niveau de facteur

B : B est donné par la formule $B(\text{Tab } \%) = (B/(B+S)) * 100$ (B & S) à partir des tableaux MOYENNE

S : S est donné par la formule $S(\text{Tab } \%) = (S/(B+S)) * 100$ (B & S) à partir des tableaux MOYENNE

5 : 5 est donné par la formule $5(\text{Tab } \%) = (5/(B+S+5)) * 100$ (B & S) à partir des tableaux MOYENNE

Pour le tableau POURCENTAGE par test ("Variation en fonction du temps...")

B : l'effectif présent dans le secteur considéré à un moment donnée divisé par la somme (B+S+5) sur les 4 min du test. Même calcul pour S et 5.

ANNEXES I

(FIGURES, GRAPHIQUES, TABLEAUX ET STATISTIQUES)

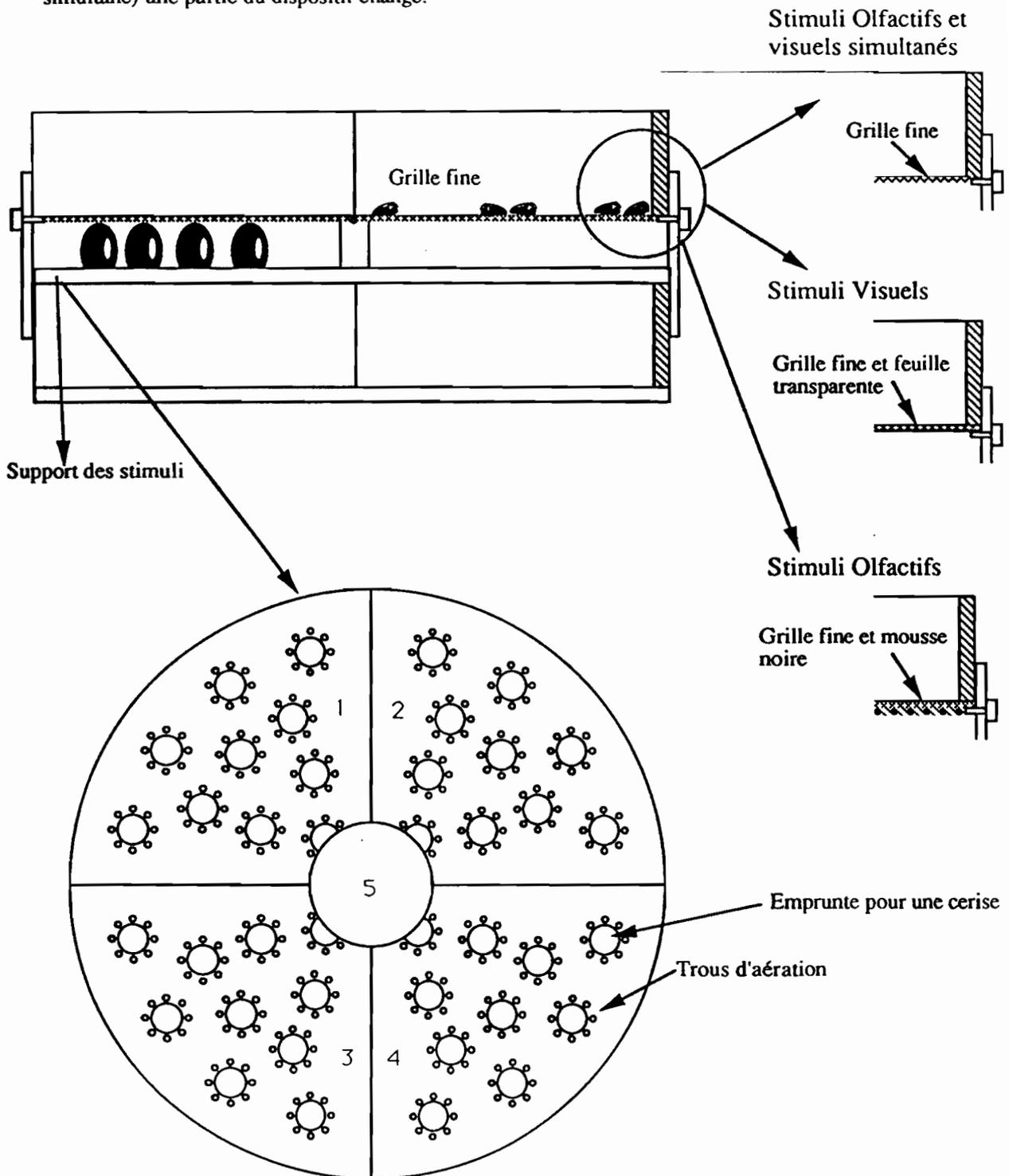
DISPOSITIF DU TEST DE MARCHE 1

FIGURE 1

DISPOSITIF

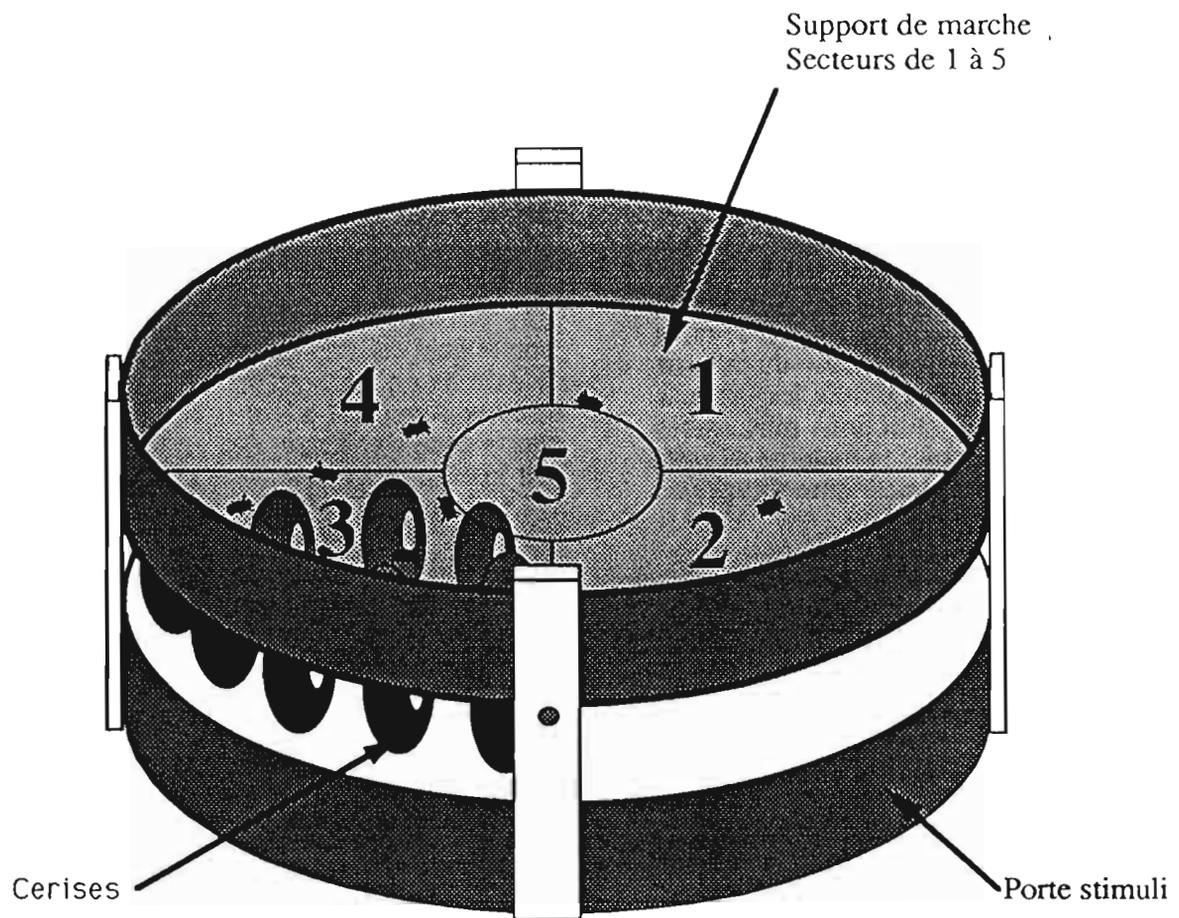
CONFIGURATION

Suivant le mode de fonctionnement du test (visuel, olfactif ou simultané) une partie du dispositif change.



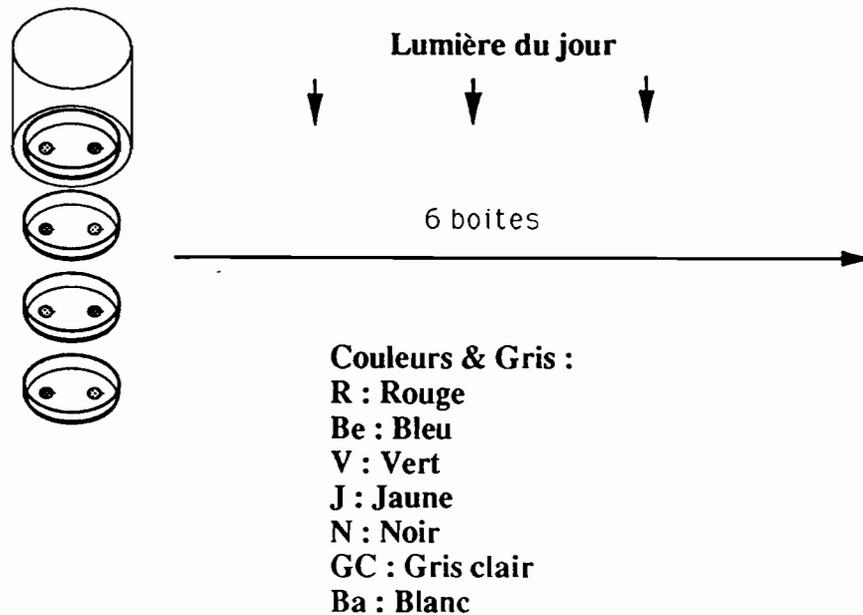
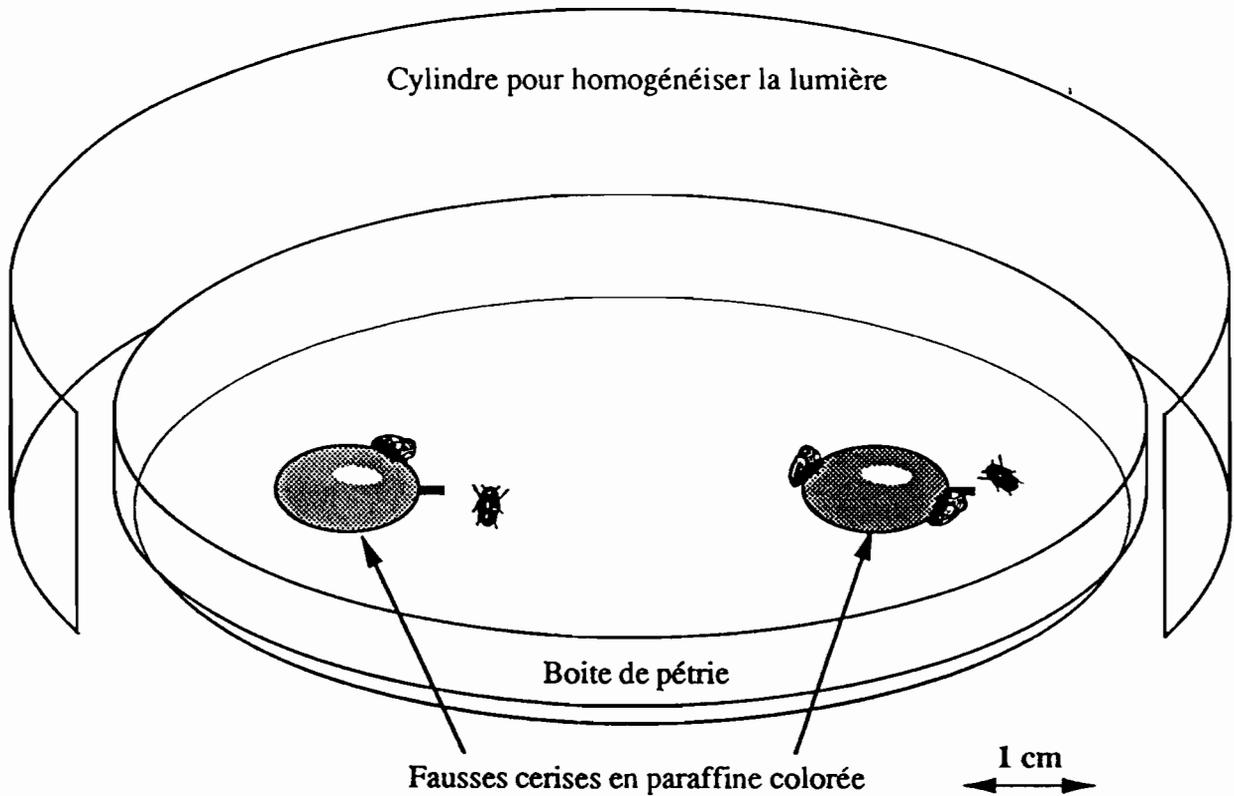
DISPOSITIF DU TEST DE MARCHÉ 2

FIGURE 2



Dispositif de choix entre 2 cerises artificielles de couleurs ou de gris différents

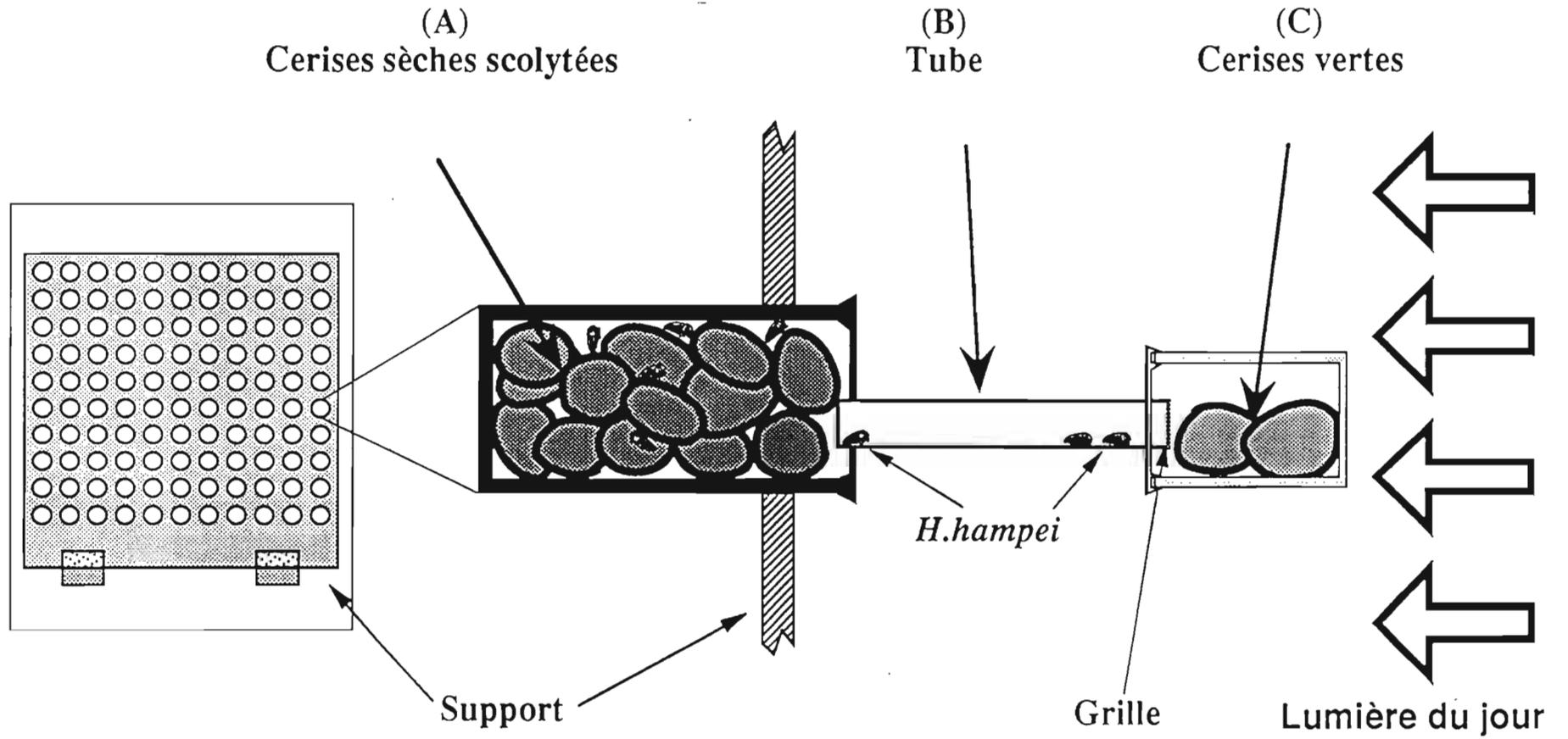
FIGURE 4



Le plan d'expérience est en randomisation totale avec 12 répétitions pour chacun des 21 niveaux soit au total 216 tests (1517 insectes testés)

Dispositif expérimental

FIGURE 5

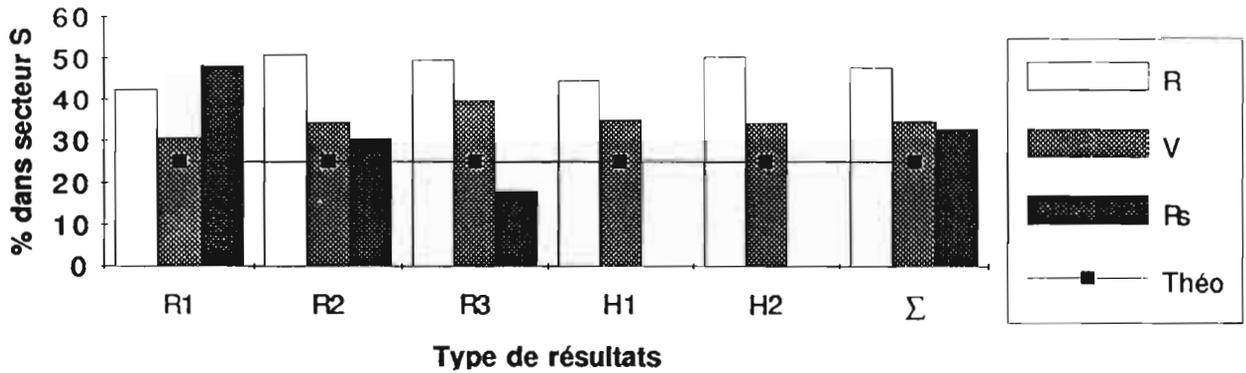


GRAPHIQUES

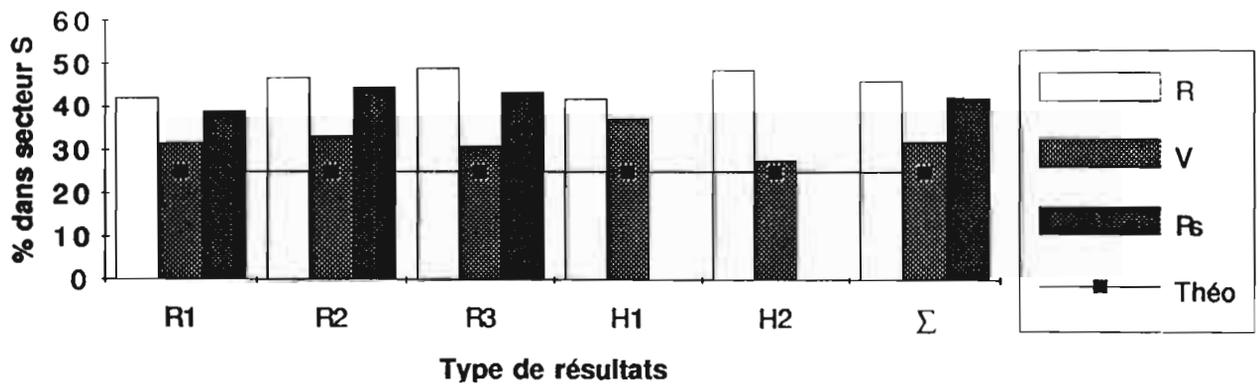
Réponse de *H. hampei* au test de marche en fonction des facteurs : Cerise, Heure, Rang, type de test & dispositif

Graphique 1

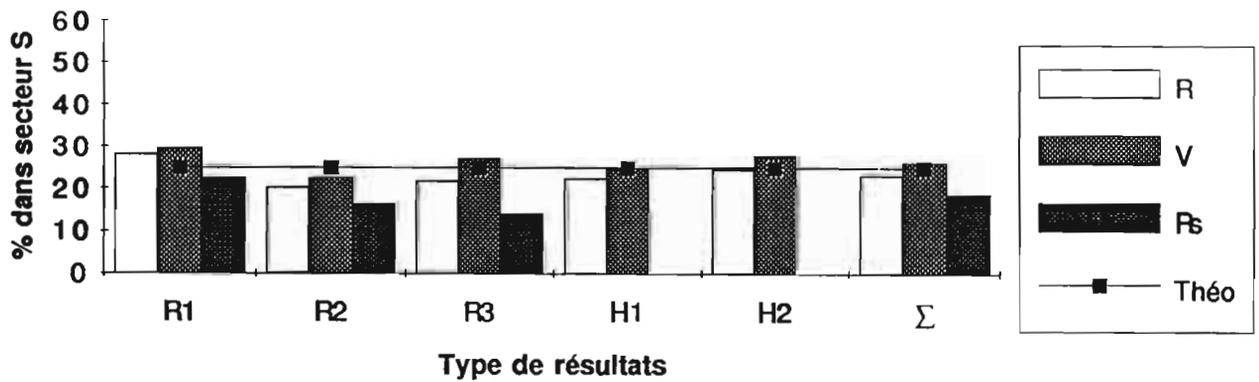
Dispositif OV



Dispositif O



Dispositif V

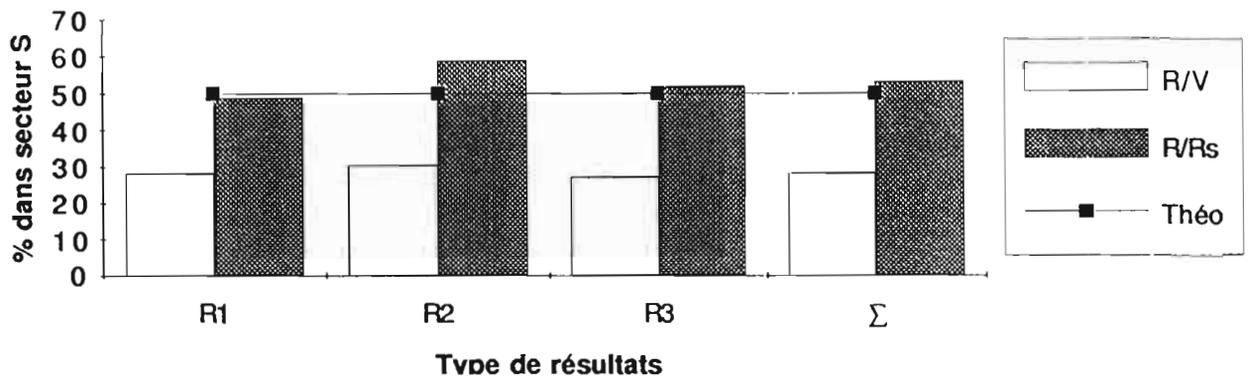


Voir Légende Générale

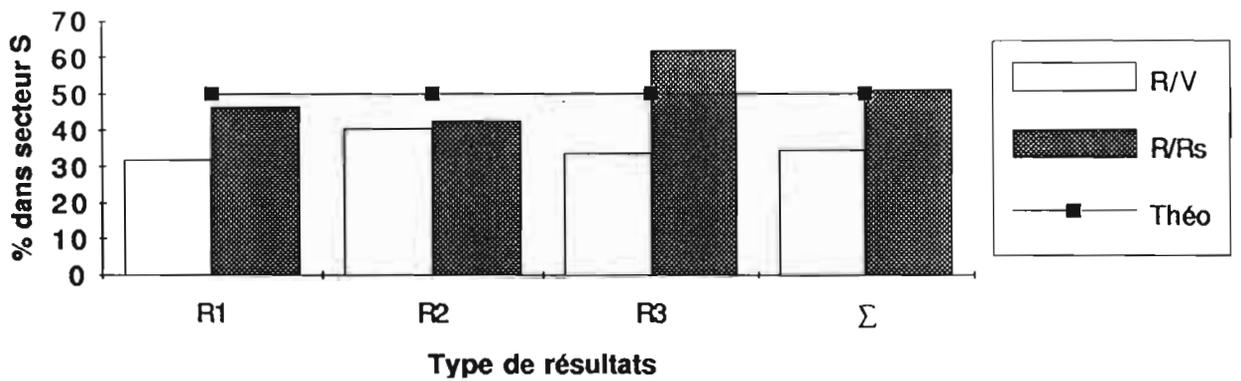
Réponse de *H. hampei* au test de marche en fonction des facteurs : Cerise, Heure, Rang, type de test & dispositif

Graphique 2

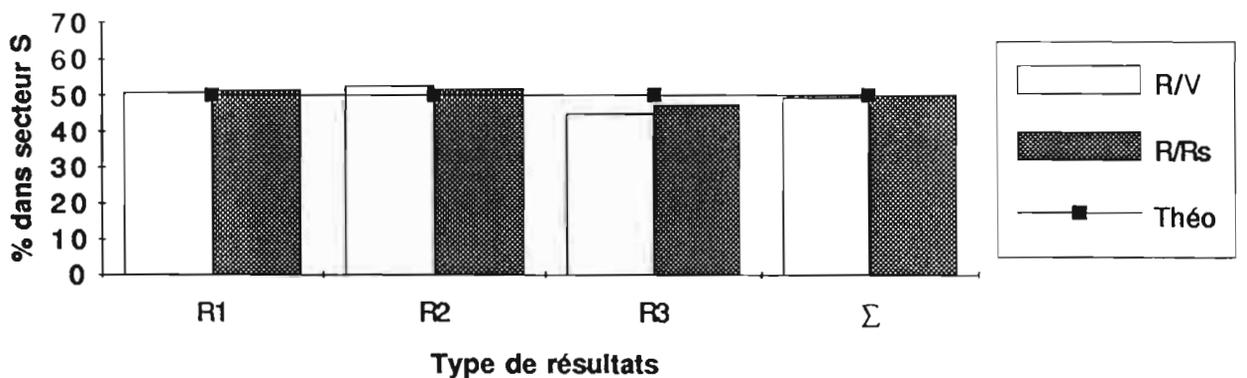
Dispositif OV



Dispositif O

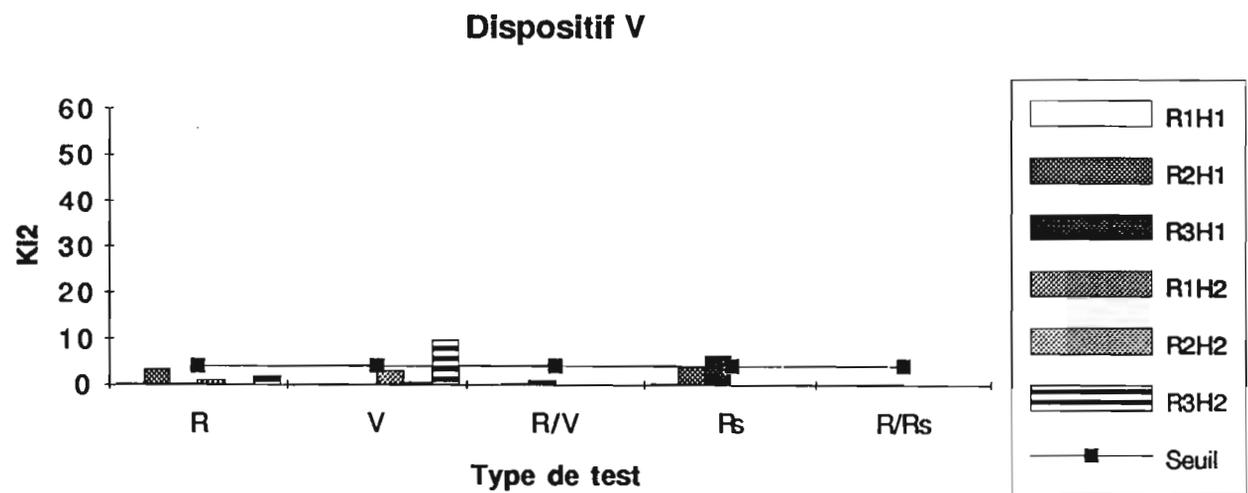
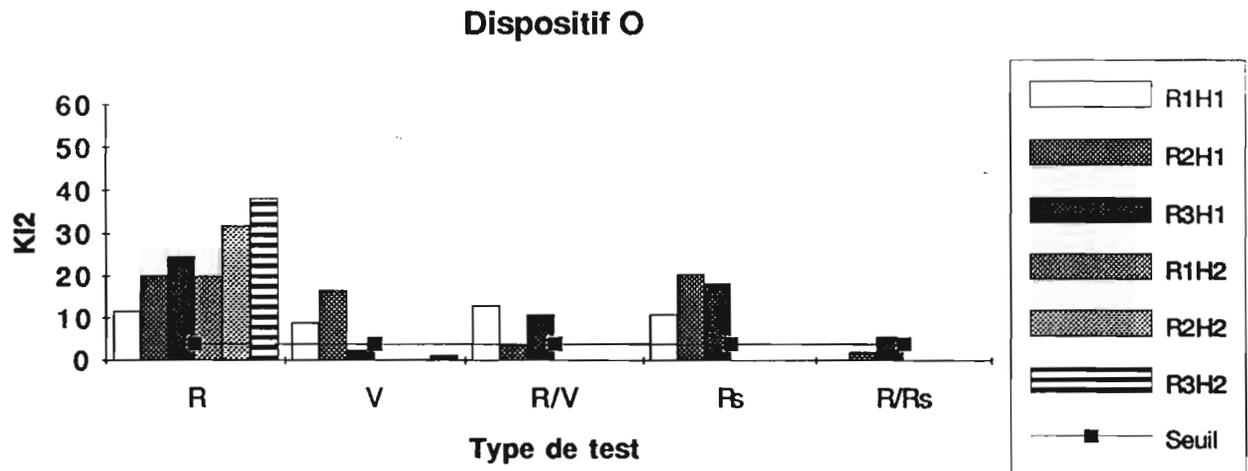
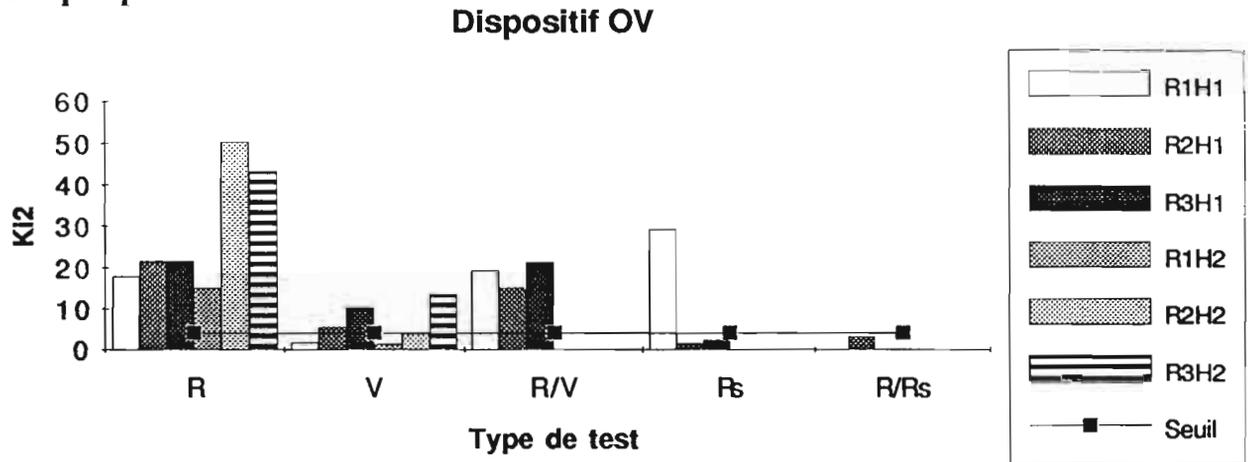


Dispositif V



Réponse de *H. hampei* au test de marche en fonction des facteurs : Cerise, Heure, Rang, type de test & dispositif

Graphique 3

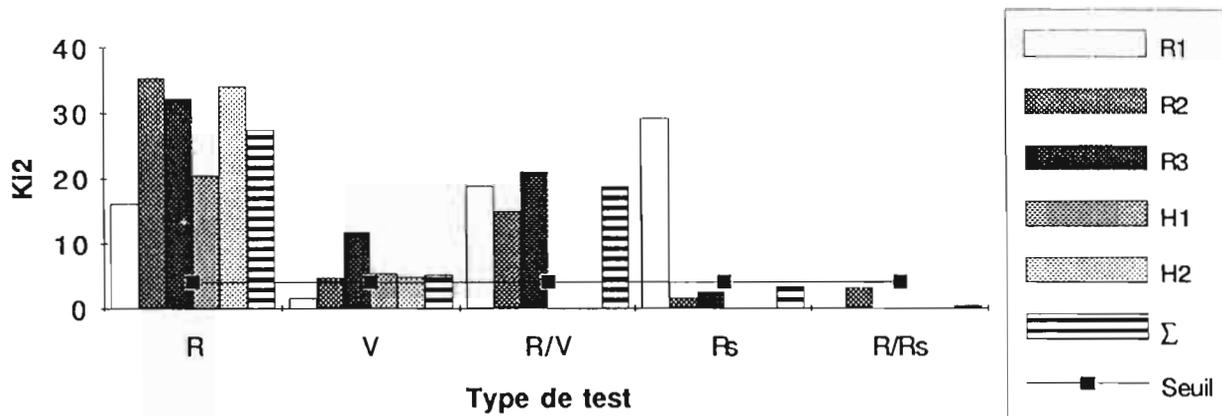


Voir Légende Générale

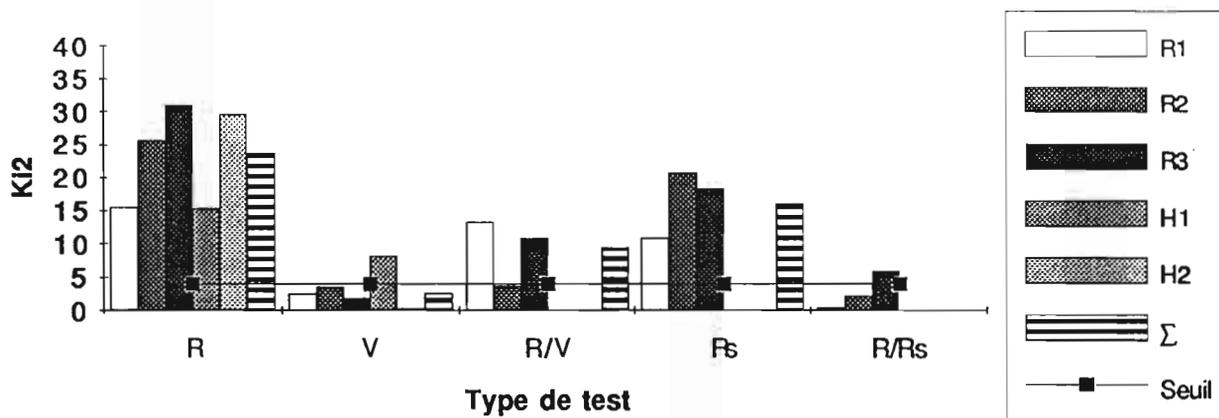
Réponse de *H. hampei* au test de marche en fonction des facteurs : Cerise, Heure, Rang, type de test & dispositif

Graphique 4

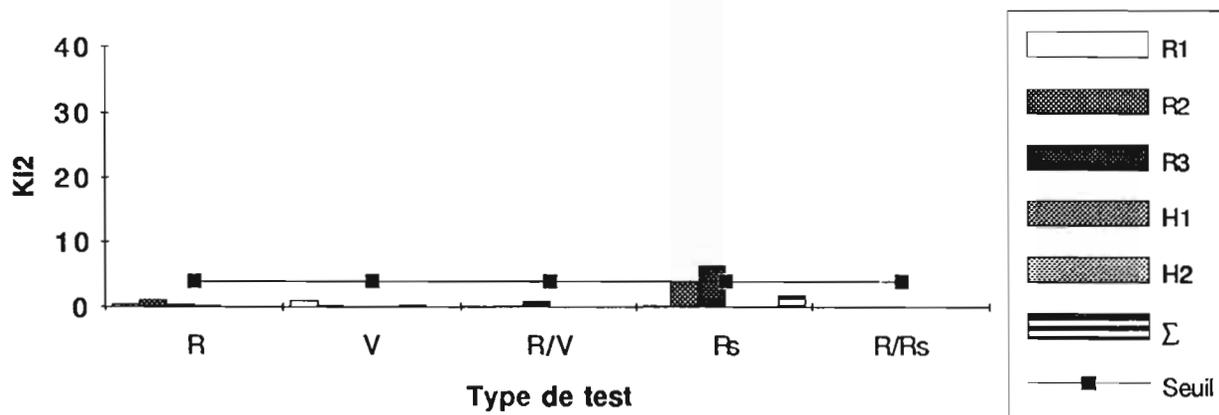
Dispositif OV



Dispositif O



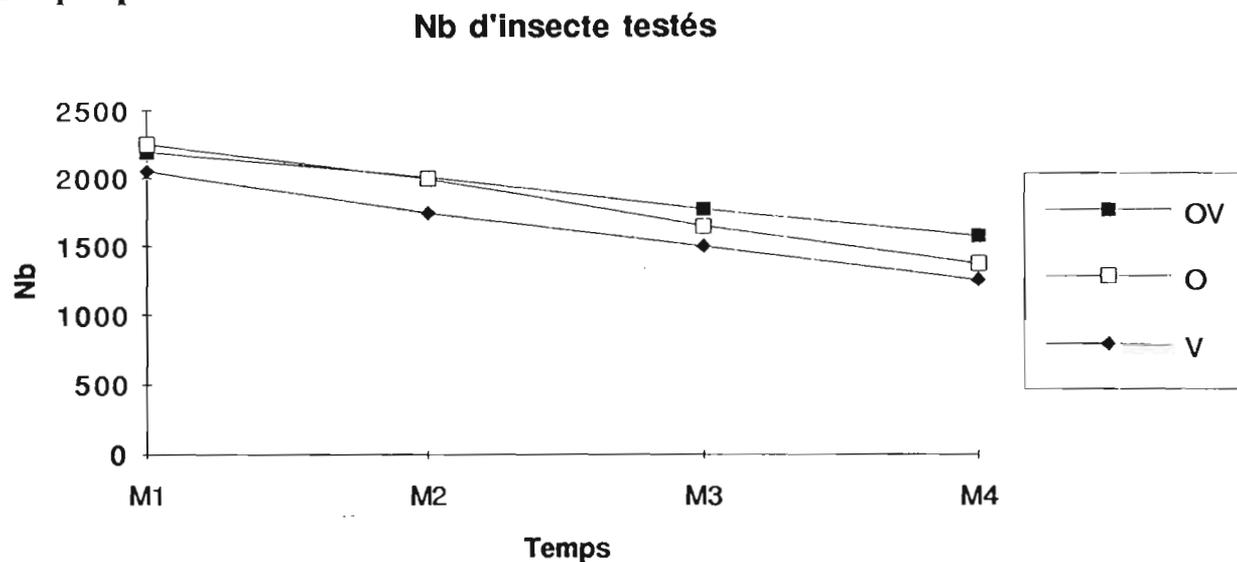
Dispositif V



Voir Légende Générale

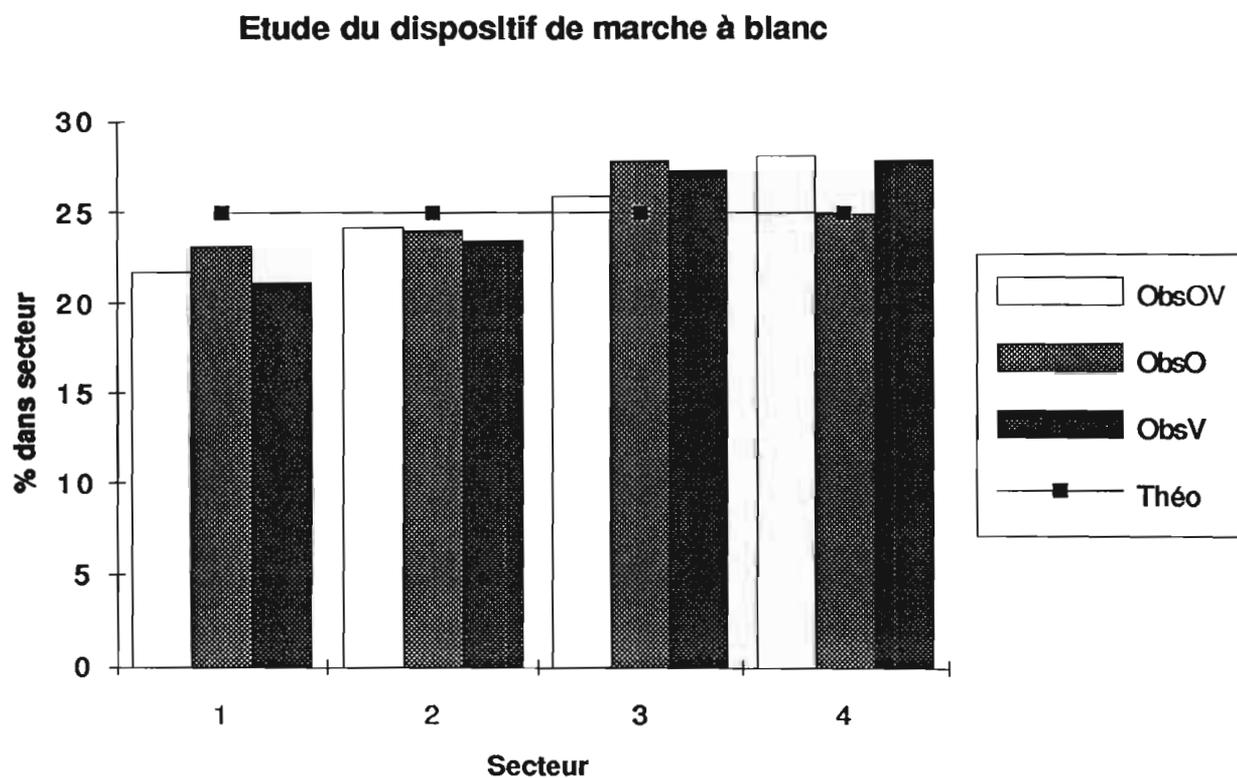
**Nombre d'insectes utilisés pour l'ensemble des tests de comportement
de Juillet 92 à septembre 92**

Graphique 5



**Répartition des scolytes sur le dispositif de marche sans stimuli
suivant les 3 dispositifs utilisés**

Graphique 6

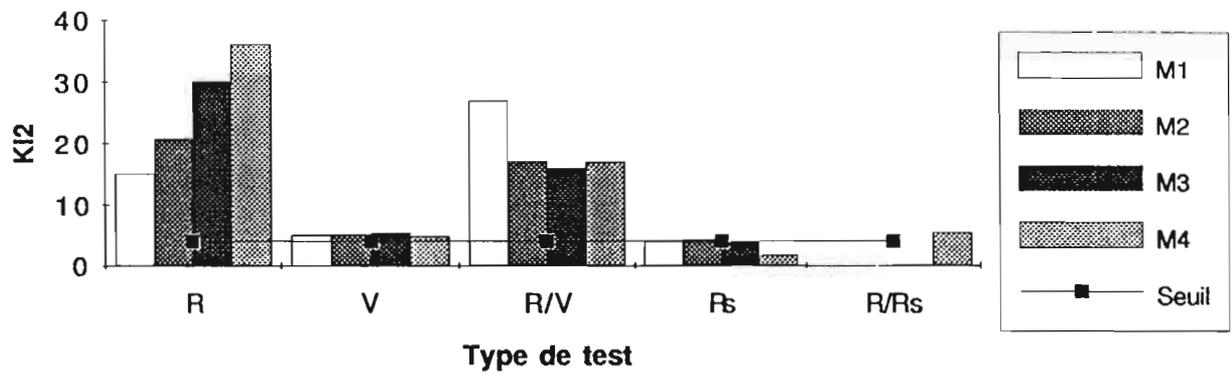


Voir Légende Générale

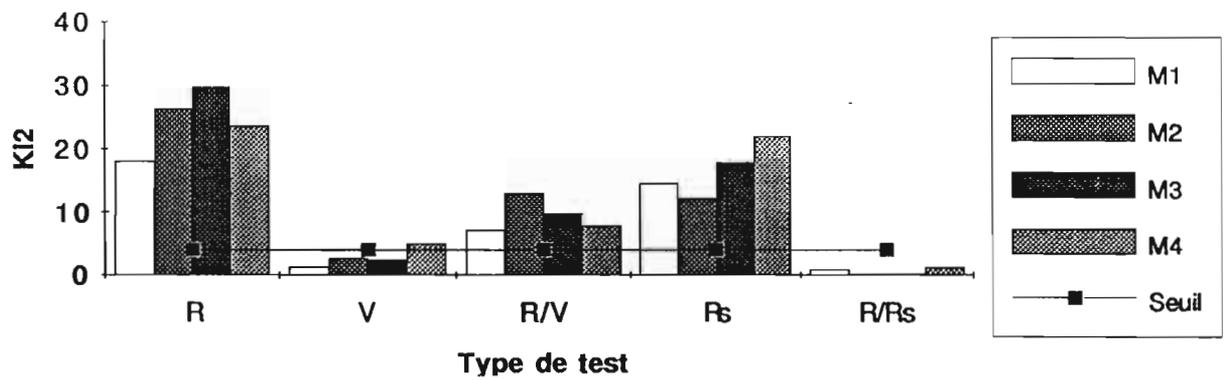
Réponse de *H. hampei* au test de marche en fonction des facteurs : Cerise, Heure, Rang, type de test & dispositif

Graphique 7

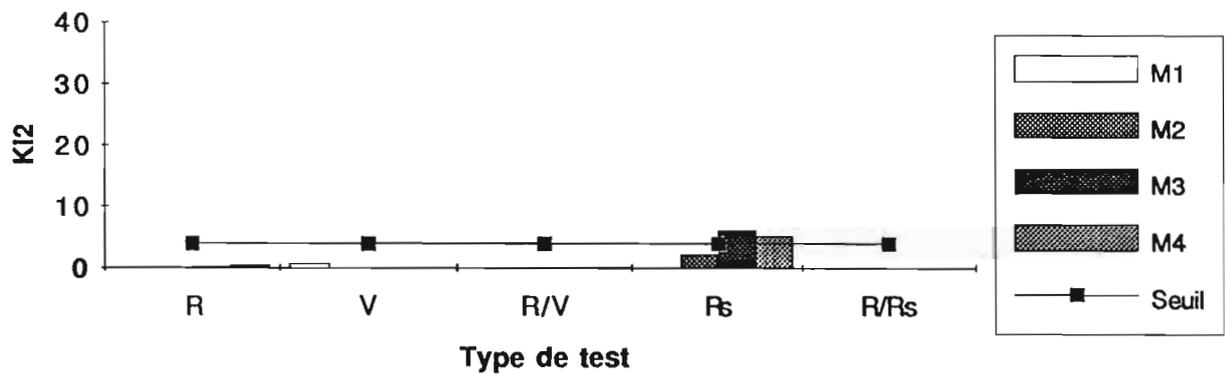
Dispositif OV



Dispositif O

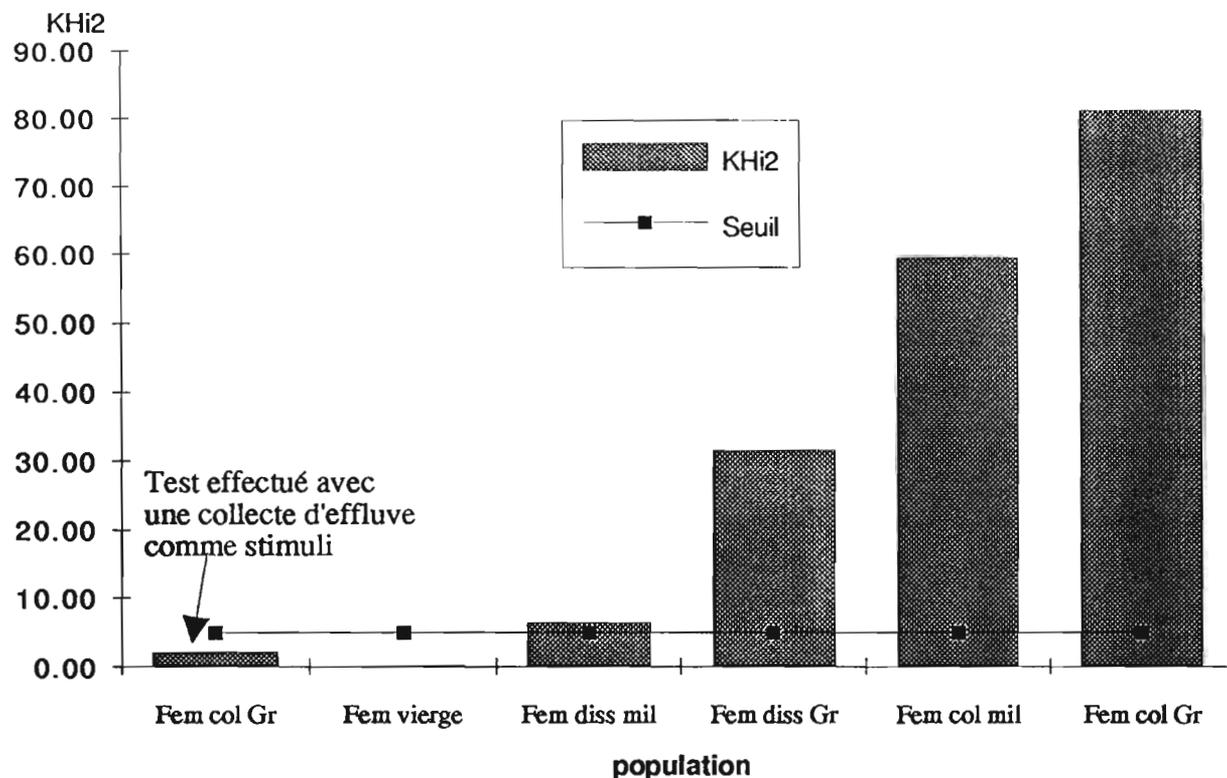


Dispositif V



Voir Légende Générale

Réponse de *hypotheremus Hampei* au test de marche en fonction du facteur population
Graphique 8



Stimuli ds secteur S	Isectes	Nb de test	B	S	Proba	B%	S%	KHI2
3x40µl de collecte gr R	Fem col Gr	12	94.5	40.8	0,1<p<0,2	68.6	31.4	2.15
10 gr Rouges	Fem vierge	12	120	40.5	0,9<p<0,95	76.3	23.7	0.09
10 gr Rouges	Fem diss mil	12	119	19.5	,001<p<,01	86	14	6.47
10 gr Rouges	Fem diss Gr	12	115	111	p<,001	50.7	49.3	31.55
10 gr Rouges	Fem col mil	12	75.3	105	p<,001	41.6	58.4	59.49
10 gr Rouges	Fem col Gr	12	65.3	125	p<,001	36	64	81.00

Etude des différentes populations

Test de student (échantillons indépendants)

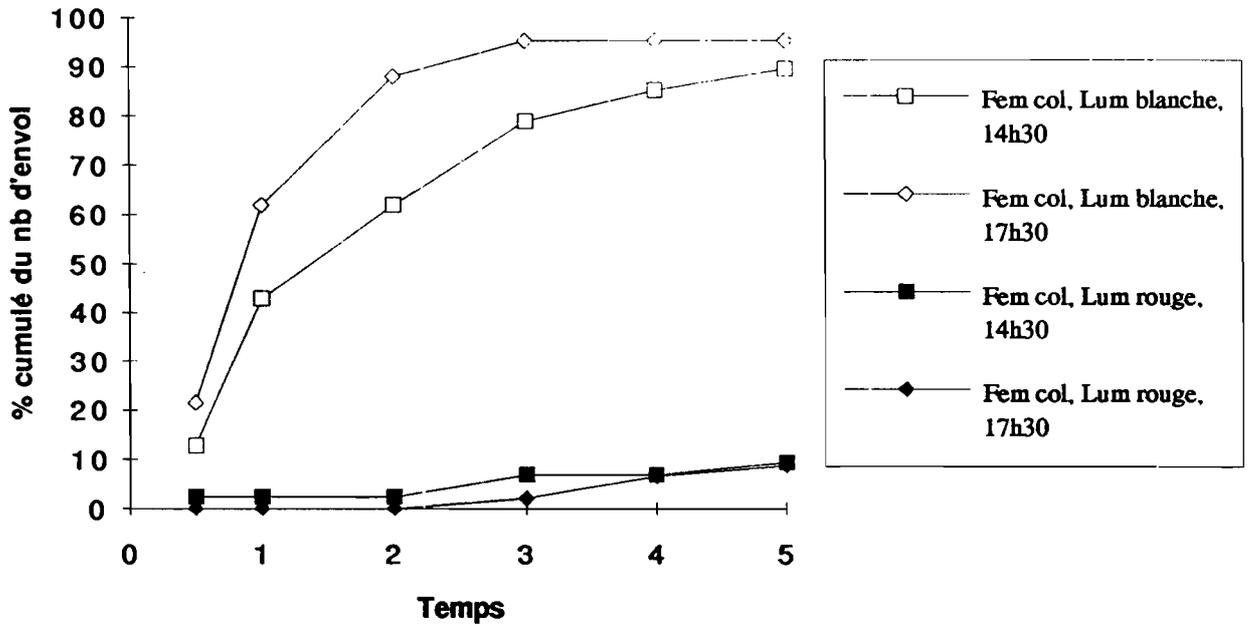
Probabilité d'égalité des 2 séries testées.

	Fem Col Gr	Fem col mil	Fem dis Gr	Fem Col Gr	Fem col mil	Fem dis Gr
Moy	63,95	58,40	49,32	63,95	58,40	49,32
Test	0,309		0,02		0,114	

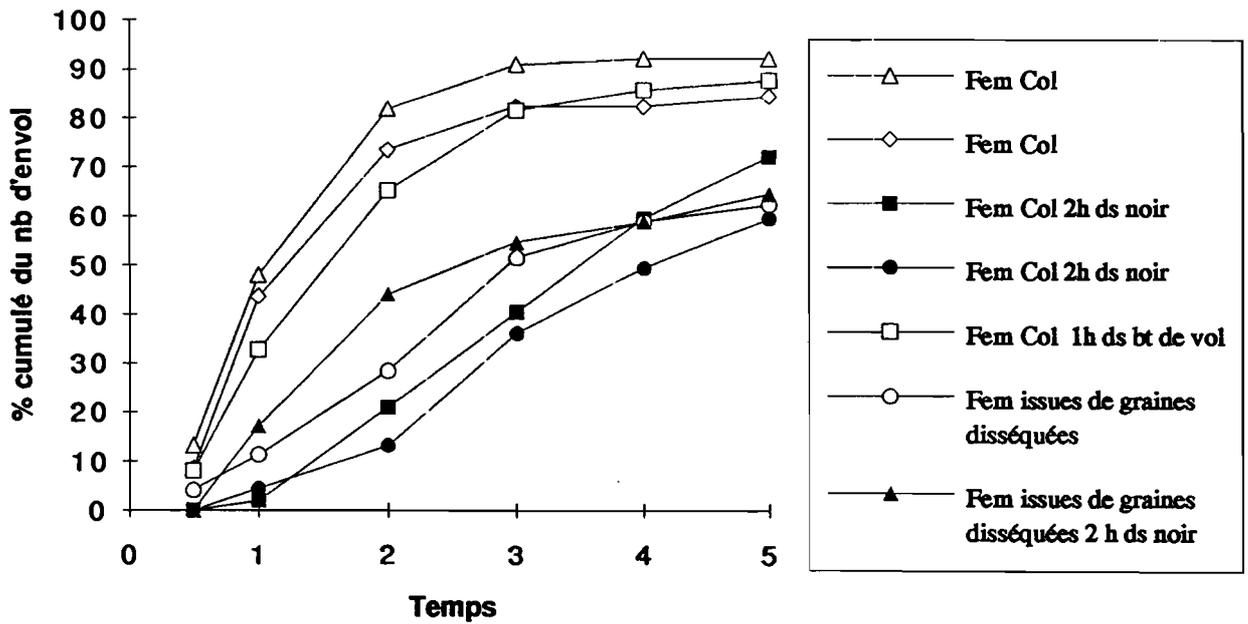
Variable : % d'insectes présents dans le secteur actif

**Envol de *H. hampei* à partir du support de marche En fonction des facteurs
heure, lumière & type de population
Graphique 9**

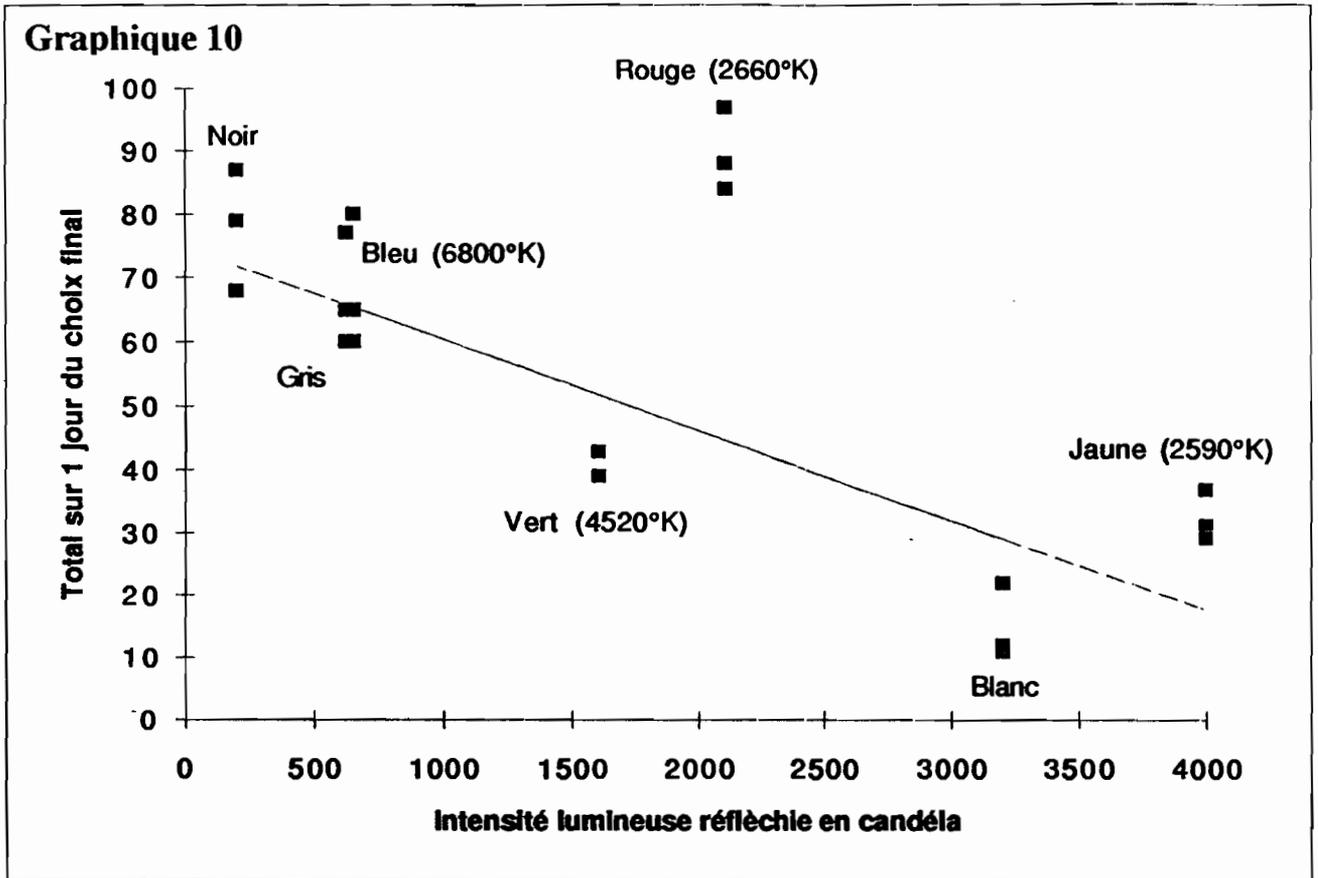
Etude des facteurs Heure & Lumière



Etude du facteur population



Réponse de *H.hampei* à de fausses cerises de café en fonction de l'intensité lumineuse réfléchie



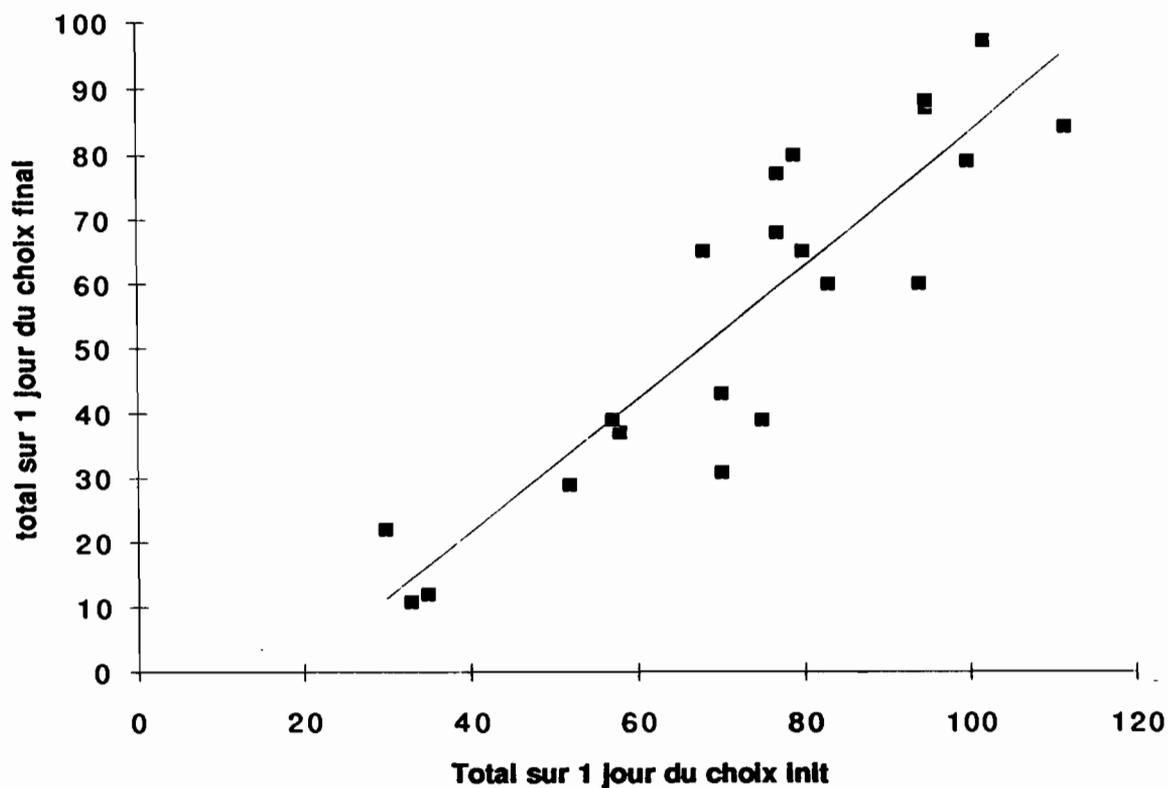
Fichier: RegrInit/final		Variable dépendante: Choix final		
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluer	t Statistique	Prob > t
Constante	74,6393	4,5769	16,3078	0,000
Intensité	-0,0143	0,0021	-6,9281	0,000

Fichier: RegrInit/final					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	7367,2977	1	7367,2977	47,9991	0,000
Erreur	2455,8134	16	153,4883		
Total	9823,1111	17			

Coefficient de détermination (R ²)	0,7500
Coefficient Ajusté (R ²)	0,7344
Coefficient de corrélation (R)	0,8660
Erreur standart estimée	12,3890
Stat. de Durbin-Watson	2,7888

Corrélation entre le choix initial & le choix final 1

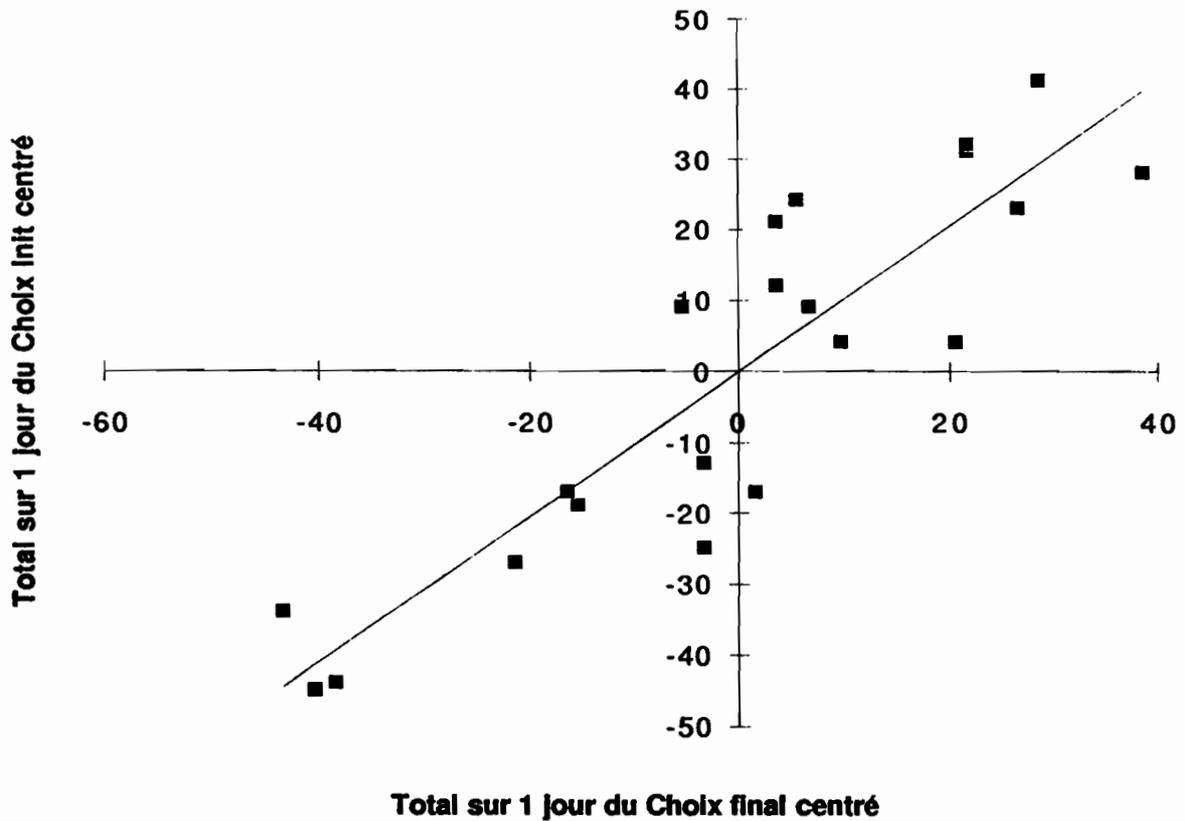
Graphique 11



Fichier: Regrlnit/final		Variable dépendante: Choix final			
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluer	t Statistique	Prob > t	
Constante	-19,4472	9,0481	-2,1493	0,045	
choix init	1,0255	0,1178	8,7027	0,000	
Fichier: Regrlnit/final					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	11122,3294	1	11122,3294	75,7369	0,000
Erreur	2790,2420	19	146,8548		
Total	13912,5714	20			
Coefficient de détermination (R ²)		0,7994			
Coefficient Ajusté (R ²)		0,7889			
Coefficient de corrélation (R)		0,8941			
Erreur standart estimée		12,1184			
Stat. de Durbin-Watson		1,3255			

Corrélation entre le choix initial & le choix final 2

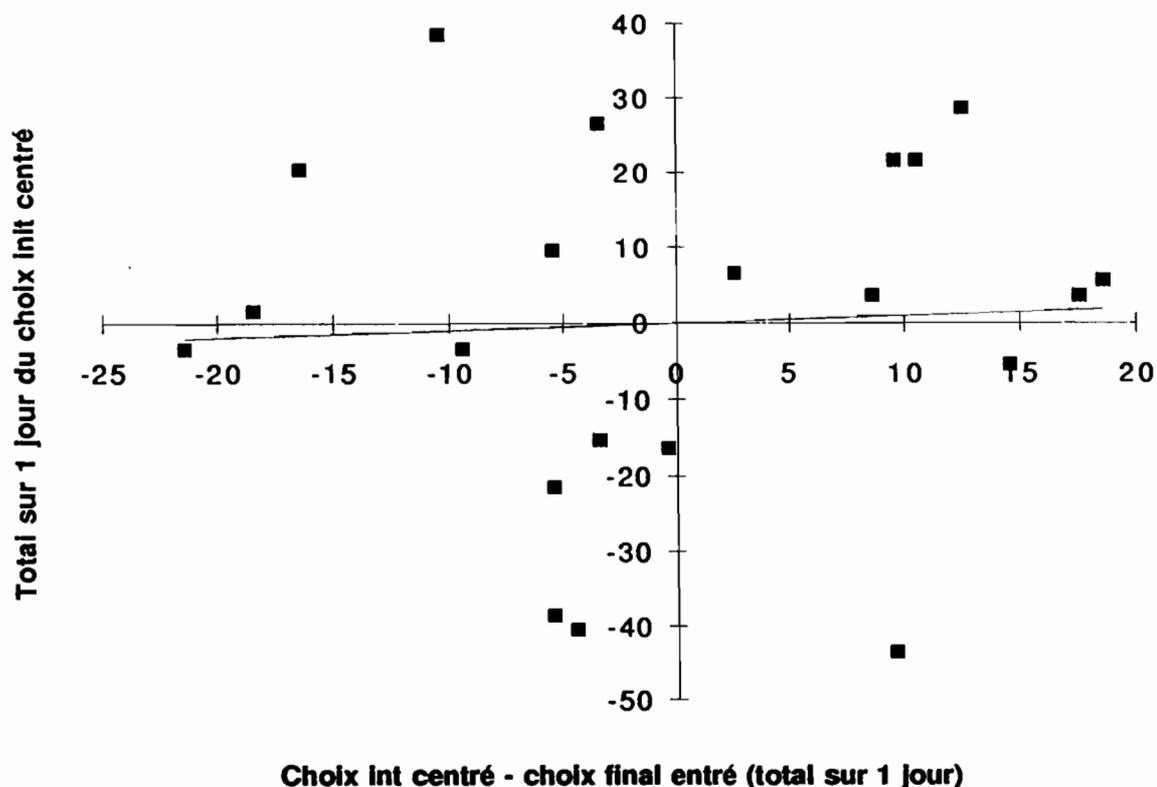
Graphique 12



Fichier: RegrInit/final		Variable dépendante: CentrageFinal			
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluer	t Statistique	Prob > t	
Constante	0,0086	2,6444	0,0033	0,997	
CentrageInit	1,0255	0,1178	8,7027	0,000	
Fichier: RegrInit/final					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	11122,3294	1	11122,3294	75,7369	0,000
Erreur	2790,2420	19	146,8548		
Total					
	13912,5714	20			
Coefficient de détermination (R ²)			0,7994		
Coefficient Ajusté (R ²)			0,7889		
Coefficient de corrélation (R)			0,8941		
Erreur standart estimée			12,1184		
Stat. de Durbin-Watson			1,3255		

Corrélation entre le choix initial & le choix final 3

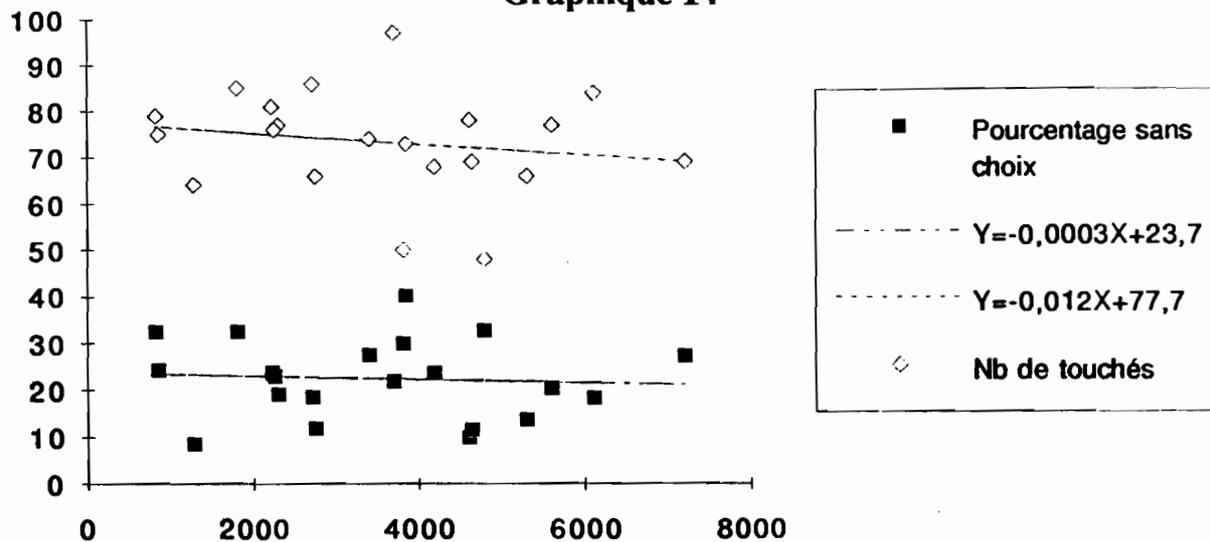
Graphique 13



Fichier: RegrInit/final		Variable dépendante: CentrageInit			
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluator	t Statistique	Prob > t	
Constante	-0,0023	5,1419	-0,0004	1,000	
cf-ci	0,0966	0,4455	0,2168	0,831	
Fichier: RegrInit/final					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	26,0899	1	26,0899	0,0470	0,831
Erreur	10549,0530	19	555,2133		
Total					
	10575,1429	20			
Coefficient de détermination (R ²)		0,0025			
Coefficient Ajusté (R ²)		-0,0500			
Coefficient de corrélation (R)		0,0497			
Erreur standart estimée		23,5630			
Stat. de Durbin-Watson		1,7830			

Corrélation entre la somme de l'intensité réfléchiée par les 2 cerises d'un même test avec le % sans choix final et le nombre de contact pour les 2 cerises choix initial

Graphique 14



Σ de l'intensité lumineuse réfléchiée des 2 cerises d'un même test

Fichier: Regression%SO		Variable dépendante: %SO		
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluer	t Statistique	Prob > t
Constante	23,6959	4,3509	5,4462	0,000
Σ Intensité	-0,0003	0,0011	-0,3126	0,758

Fichier: Regression%SO					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	7,3276	1	7,3276	0,0977	0,758
Erreur	1424,8415	19	74,9917		
Total	1432,1691	20			
Coefficient de détermination (R^2)			0,0051		
Coefficient Ajusté (R^2)			-0,0472		
Coefficient de corrélation (R)			0,0715		
Erreur standart estimée			8,6598		
Stat. de Durbin-Watson			1,7590		

Fichier: Regression%SO		Variable dépendante: Σ du choix init		
Variable Nom	Coefficient	Std. Err. Evaluer	t Statistique	Prob > t
Constante	77,7030	5,7378	13,5423	0,000
Σ Intensité	-0,0012	0,0015	-0,8270	0,418

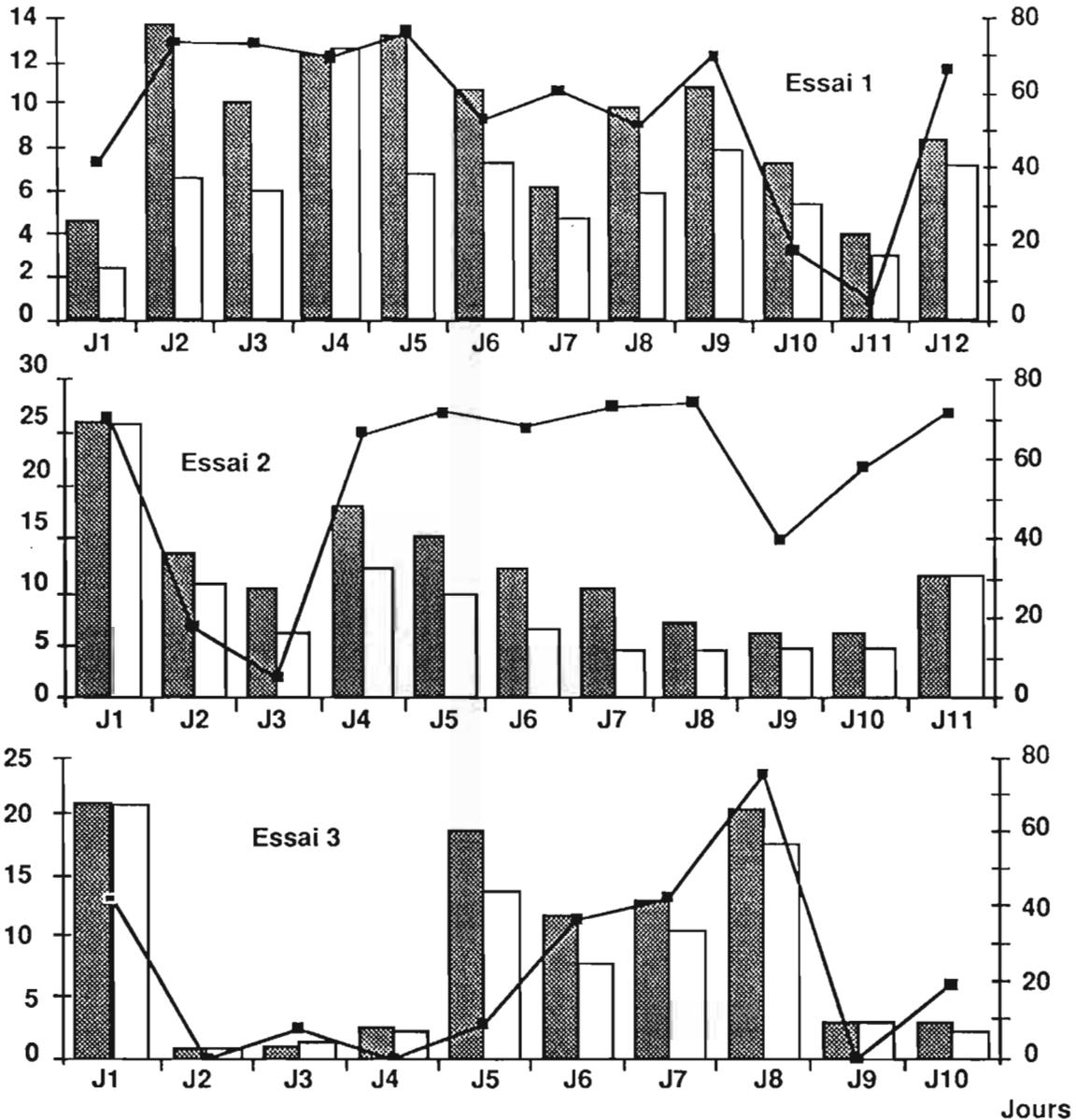
Fichier: Regression%SO					
Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Modèle	89,2051	1	89,2051	0,6840	0,418
Erreur	2477,9377	19	130,4178		
Total	2567,1429	20			
Coefficient de détermination (R^2)			0,0347		
Coefficient Ajusté (R^2)			-0,0161		
Coefficient de corrélation (R)			0,1864		
Erreur standart estimée			11,4201		
Stat. de Durbin-Watson			0,8469		

Dynamique de sortie (en %) et insolation

Graphique 15

% de *H. hampei* sortis par rapport à la population restant dans la cerise (1)

Ensoleillement en % de 7h à 17h



Insolation : —■— Avec Cerises : ■ Sans Cerise : □

(1) Calcul du % de sortie :

$$\% \text{ sortie au jour } n = \frac{\text{EffJn}}{\sum_{n \text{ à } N} \text{EffJn} + \text{Fcd}} \times 100$$

Avec :

EffJn : Effectif des sorties au jour n

N : durée de l'essai en jour

Fcd : Femelles adultes vivantes trouvées lors de la dissection des graines à la fin des essais

TABLEAUX

**TABLEAU I DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE
EN FONCTION DES FACTEURS HEURE
ET NOMBRE DE TEST EFFECTUES SUR UN MEME GROUPE D'INSECTES**

MOYENNE

		H1												H2											
		R1				R2				R3				R1				R2				R3			
		B	S	5	Proba																				
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	21.3	16.3	8.5		25.5	21	12.5		25.5	21	10.8		31	22.3	16.5		23.3	29.3	11.8		24.8	28.5	11.3	
	V	40.5	18	24.3		36.8	20	17.3		36.8	23.5	16		45.3	19.8	14.5		34.5	17.5	13.3		29.3	20.3	14.3	
	R/V	59.5	23.3	21.5		44.3	19.5	20.3		72.8	26.8	22.5													
	Rs	37.3	35	25.8		47.8	21	34.5		51.3	11.3	32													
	R/Rs	15.5	15	14.3		12	17.3	18.3		12.3	13.3	20.5													
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	25	16.5	12.3		24.8	19.8	13.5		23	20	12.5		23.3	18.5	8.25		22.5	22	11.5		21	22.5	14	
	V	40.5	24.8	12		26.3	19.5	16.3		34	16	18.3		59	21.8	17.8		51.3	19	15.8		39	16.8	16.5	
	R/V	65.8	30.8	21.8		37.3	25.3	21.5		52	26.3	29.5													
	Rs	45.3	29.3	27.8		35.3	28.5	18.3		37.3	28.8	20.5													
	R/Rs	15.5	13.5	9.25		15.8	11.8	11.3		12.5	20.5	11.5													
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	34.5	12.8	10		38.8	8	5.25		41.8	12.5	10.5		25.5	10.8	12		35.8	11	9.5		19.3	4.5	17.3	
	V	34.5	12.3	13.3		41	12.8	15.8		40.5	13.5	16.5		33.8	16.3	10.8		39	10.8	13.5		23.3	14.5	14.5	
	R/V	36.8	38	13		31.5	35	21.3		37.5	30.8	21													
	Rs	49.5	14.5	23.8		56	11	25.5		50.5	8.25	25.8													
	R/Rs	11.3	12	15.3		12.8	13.8	16.3		15.8	14.3	20													

59

Voir Légende Générale

**TABLEAU II DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE
EN FONCTION DES FACTEURS HEURE
ET NOMBRE DE TEST EFFECTUES SUR UN MEME GROUPE D'INSECTES**

POURCENTAGE par niveau		H1												H2											
		R1				R2				R3				R1				R2				R3			
		B	S	5	KHi2																				
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	56.7	43.3	18.5	17.93	54.8	45.2	21.2	21.68	54.8	45.2	18.8	21.68	58.2	41.8	23.7	15.02	44.3	55.7	18.3	50.31	46.5	53.5	17.4	43.38
	V	69.2	30.8	29.3	1.78	64.8	35.2	23.3	5.59	61	39	21	10.46	69.6	30.4	18.2	1.55	66.3	33.7	20.3	3.99	59.1	40.9	22.4	13.50
	R/V	71.9	28.1	20.6	19.19	69.4	30.6	24.1	15.07	73.1	26.9	18.4	21.37												
	Rs	51.6	48.4	26.3	29.31	69.5	30.5	33.4	1.64	82	18	33.9	2.61												
	R/Rs	50.8	49.2	31.8	0.03	41	59	38.4	3.22	48	52	44.6	0.15												
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	60.2	39.8	22.8	11.62	55.6	44.4	23.3	20.04	53.5	46.5	22.5	24.68	55.7	44.3	16.5	19.89	50.6	49.4	20.5	31.85	48.3	51.7	24.3	38.09
	V	62.1	37.9	15.5	8.92	57.4	42.6	26.2	16.56	68	32	26.7	2.61	73.1	26.9	18	0.20	73	27	18.3	0.22	70	30	22.8	1.36
	R/V	68.1	31.9	18.4	13.15	59.6	40.4	25.6	3.69	66.5	33.5	27.4	10.83												
	Rs	60.7	39.3	27.1	10.85	55.3	44.7	22.3	20.71	56.4	43.6	23.7	18.37												
	R/Rs	53.4	46.6	24.2	0.48	57.3	42.7	29	2.12	37.9	62.1	25.8	5.88												
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	73	27	17.5	0.21	82.9	17.1	10.1	3.32	77	23	16.2	0.20	70.3	29.7	24.9	1.16	76.5	23.5	16.9	0.12	81.1	18.9	42.1	1.95
	V	73.8	26.2	22.1	0.08	76.3	23.7	22.7	0.09	75	25	23.4	0.00	67.5	32.5	17.7	3.00	78.4	21.6	21.3	0.61	61.6	38.4	27.8	9.59
	R/V	49.2	50.8	14.8	0.03	47.4	52.6	24.2	0.28	54.9	45.1	23.5	0.98												
	Rs	77.3	22.7	27.1	0.29	83.6	16.4	27.6	3.93	86	14	30.5	6.40												
	R/Rs	48.4	51.6	39.6	0.10	48.1	51.9	38	0.14	52.5	47.5	40	0.25												

Voir Légende Générale

TABLEAU III RECAPITULATIF DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE

MOYENNE		H1+H2												H1				H2				H1+H2					
		R1				R2				R3				R1+R2+R3				R1+R2+R3				R1+R2+R3					
		B	S	5	Proba	B	S	5	Proba	B	S	5	Proba	B	S	5	Proba	B	S	5	Proba	B	S	5	Proba	B	S
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	52.3	38.5	25	p<,001	48.8	50.3	24.3	p<,001	50.3	49.5	22	p<,001	72.3	58.3	31.8	p<,001	79	80	39.5	p<,001	151	138	71.3	p<,001		
	V	85.8	37.8	38.8	,1<p<,2	71.3	37.5	30.5	,02<p<,05	66	43.8	30.3	p<,001	114	61.5	57.5	p<,01	109	57.5	42	p<,01	223	119	99.5	p<,001		
	R/V	59.5	23.5	21.5	p<,001	44.3	19.5	29.5	p<,001	72.3	26.8	22.5	p<,001									176	69.8	64.3	p<,001		
	Rs	37.3	35	25.8	p<,001	47.8	21	34.5	,2<p<,3	51.3	11.3	32	,2<p<,3									136	67.3	92.3	p<,01		
	R/Rs	15.5	15	14.3	,9<p<,95	12	17.3	18.3	,1<p<,2	12.3	13.3	20.5	,8<p<,9									39.8	45.5	53	,3<p<,5		
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	48.3	35	20.5	p<,001	47.3	41.8	25	p<,001	44	42.5	26.5	p<,001	77.8	56.3	38.3	p<,001	66.8	63	33.8	p<,001	140	119	72	p<,001		
	V	99.5	46.5	29.8	,05<p<,1	77.5	38.5	32	,02<p<,05	73	32.8	34.8	,1<p<,2	101	60.3	46.5	p<,001	149	57.5	50	,3<p<,5	250	118	96.5	p<,01		
	R/V	65.8	30.8	21.8	p<,001	37.3	25.3	21.5	,1<p<,2	52	26.3	29.5	p<,01									155	82.3	72.8	p<,001		
	Rs	45.3	29.3	27.8	p<,01	35.3	28.5	18.3	p<,01	37.3	28.8	20.5	p<,001									118	86.5	66.5	p<,001		
	R/Rs	15.5	13.5	9.25	,7<p<,8	15.8	11.8	11.8	,3<p<,5	12.5	20.5	11.5	,1<p<,2									43.8	45.8	32.5	,7<p<,8		
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	60	23.5	22	,5<p<,7	74.5	19	14.8	,2<p<,3	61	17	27.8	,5<p<,7	115	33.3	25.8	,3<p<,5	80.5	26.3	38.8	,9<p<,95	196	59.5	64.5	,5<p<,7		
	V	68.3	28.5	26	,3<p<,5	80	23.5	27.3	,5<p<,7	74.8	28	31	,5<p<,7	116	38.5	45.5	,9<p<,95	107	41.5	38.8	,3<p<,5	223	80	84.3	,5<p<,7		
	R/V	36.8	38	13	,8<p<,9	31.5	35	21.3	,5<p<,7	37.5	30.8	21	,3<p<,5									106	104	55.3	,8<p<,9		
	Rs	49.5	14.5	23.8	,5<p<,7	56	11	25.5	,1<p<,2	50.5	8.25	25.8	,05<p<,1									146	33.8	75	,05<p<,1		
	R/Rs	11.3	12	15.3	,8<p<,9	12.8	13.8	16.8	,8<p<,9	15.8	14.3	20	,8<p<,9									39.8	40	52	p>,95		

TABLEAU IV DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE
VARIATION EN FONCTION DU TEMPS ET DES STIMULI DU NOMBRE D'INSECTES PRESENTS

MOYENNE		M1					M2					M3					M4				
		B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	188	135	316	48.6	p<,001	174	141	241	65.6	p<,001	145	138	193	85	p<,001	116	121	158	86	p<,001
	V	234	124	392	17.7	p<,001	237	127	344	19	p<,001	218	118	291	24.1	p<,001	203	107	263	15	p<,001
	R/V	183	58	117	64.8	p<,001	195	81	69	47	p<,001	172	74	40	39	p<,001	156	65	39	37.5	p<,001
	Rs	116	59	258	7	,001<p<,01	134	69	235	8.75	,001<p<,01	149	76	218	9.25	,001<p<,01	146	65	203	3.8	,05<p<,1
	R/Rs	42	41	72	0.01	,9<p<,95	45	46	55	0.01	,9<p<,95	41	45	46	0.19	,5<p<,7	31	50	31	4.46	,02<p<,05
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	189	145	235	60.4	p<,001	153	137	234	76.5	p<,001	114	108	176	66.2	p<,001	102	87	141	44.6	p<,001
	V	279	119	422	5.1	,02<p<,05	276	131	372	11.2	p<,001	242	113	326	8.83	,001<p<,01	203	108	266	15	p<,001
	R/V	182	105	111	20.6	p<,001	179	84	75	34.3	p<,001	138	72	63	20.7	p<,001	121	68	42	14.7	p<,001
	Rs	128	91	240	32	p<,001	140	94	210	28.7	p<,001	115	88	163	36.5	p<,001	88	73	124	35.5	p<,001
	R/Rs	47	39	49	0.74	,3<p<,5	51	55	31	0.25	,5<p<,7	42	45	27	0.33	,5<p<,7	35	44	23	1.03	,3<p<,5
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	273	81	392	0.85	,3<p<,5	212	69	274	0.03	,8<p<,9	161	51	205	0.1	,7<p<,8	135	38	168	0.85	,3<p<,5
	V	229	93	372	2.6	,1<p<,2	237	81	326	0.04	,8<p<,9	228	81	291	0.24	,5<p<,7	198	65	240	0.01	,9<p<,95
	R/V	127	116	97	0.5	,3<p<,5	114	111	60	0.04	,8<p<,9	103	404	37	0.01	,9<p<,95	79	84	27	0.15	,5<p<,7
	Rs	142	43	257	0.31	,5<p<,7	168	38	245	4.71	,02<p<,05	162	27	226	11.5	p<,001	152	27	196	9.4	,001<p<,01
	R/Rs	36	37	70	0.01	,9<p<,95	42	40	58	0.49	,8<p<,9	42	43	46	0.01	,9<p<,95	39	40	34	0.01	,9<p<,95

TABLEAU V DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE
VARIATION EN FONCTION DU TEMPS ET DES STIMULI DU NOMBRE D'INSECTES PRESENTS

POURCENTAGE sur test		M1					M2					M3					M4				
		B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	9.1	6.5	15			8.4	6.8	12			7	6.7	9.3			5.6	5.9	7.6		
	V	8.8	4.7	15			8.9	4.8	13			8.2	4.4	11			7.6	4	9.9		
	R/V	15	4.6	9.4			16	6.5	5.5			14	5.9	3.2			12	5.2	3.1		
	Rs	6.7	3.4	15			7.8	4	14			8.6	4.4	13			8.4	3.8	12		
	R/Rs	7.7	7.5	13			8.3	8.4	10			7.5	8.3	8.4			5.7	9.2	5.7		
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	10	8	13			8.4	7.5	13			6.3	5.9	9.7			5.6	4.8	7.7		
	V	9.8	4.2	15			9.7	4.6	13			8.5	4	11			7.1	3.8	9.3		
	R/V	15	8.5	9			14	6.8	6			11	5.8	5.1			9.8	5.5	3.4		
	Rs	8.2	5.9	15			9	6	14			7.4	5.7	10			5.7	4.7	8		
	R/Rs	9.6	8	10			10	11	6.4			8.6	9.2	5.5			7.2	9	4.7		
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	13	3.9	19			10	3.4	13			7.8	2.5	10			6.6	1.8	8.2		
	V	9.4	3.8	15			9.7	3.3	13			9.3	3.3	12			8.1	2.7	9.8		
	R/V	9.3	8.5	7.1			8.4	8.2	4.4			7.6	30	2.7			5.8	6.2	2		
	Rs	8.4	2.6	15			10	2.3	15			9.6	1.6	13			9	1.6	12		
	R/Rs	6.8	7	13			8	7.6	11			8	8.2	8.7			7.4	7.6	6.5		

63

Voir Légende Générale

TABLEAU VI DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE
VARIATION EN FONCTION DU TEMPS ET DES STIMULI DU NOMBRE D'INSECTES PRESENTS

POURCENTAGE par Niveau		M1					M2					M3					M4				
		B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba	B	S	5	KHi2	Proba
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	58	42	49	15		55	45	43	20.8		51	49	41	30.1		49	51	40	36.2	
	V	65	35	52	4.95		65	35	49	5.22		65	35	46	5.46		65	35	46	4.83	
	R/V	76	24	33	26.9		71	29	20	17.1		70	30	14	15.9		71	29	15	17	
	Rs	66	34	60	4.05		66	34	54	4.31		66	34	49	4.11		69	31	49	1.8	
	R/Rs	51	49	46	0.01		49	51	38	0.01		48	52	35	0.22		38	62	28	5.5	
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	57	43	41	18.1		53	47	45	26.4		51	49	44	29.8		54	46	43	23.6	
	V	70	30	51	1.28		68	32	48	2.75		68	32	48	2.49		65	35	46	5.05	
	R/V	63	37	28	7.2		68	32	22	13		66	34	23	9.88		64	36	18	7.86	
	Rs	58	42	52	14.6		60	40	47	12.3		57	43	45	18		55	45	44	22.1	
	R/Rs	55	45	36	0.87		48	52	23	0.14		48	52	24	0.12		44	56	23	1.3	
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	77	23	53	0.24		75	25	49	0.01		76	24	49	0.05		78	22	49	0.49	
	V	71	29	54	0.8		75	25	51	0.01		74	26	49	0.08		75	25	48	0	
	R/V	52	48	29	0.2		51	49	21	0.02		20	80	6.8	35.2		48	52	14	0.09	
	Rs	77	23	58	0.16		82	18	54	2.29		86	14	54	6.12		85	15	52	5.24	
	R/Rs	49	51	49	0.02		51	49	41	0.06		49	51	35	0.01		49	51	30	0.02	

TABLEAU VII RECAPITULATIF DES RESULTATS DES TESTS DE MARCHE

POUCENTAGE Par niveau		H1+H2												H1				H2				H1+H2			
		R1				R2				R3				R1+R2+R3				R1+R2+R3				R1+R2+R3			
		B	S	5	Khi2	B	S	5	Khi2	B	S	5	Khi2	B	S	5	Khi2	B	S	5	Khi2	B	S	5	Khi2
OV Proba blancs 0,5<p<0,7	R	57.6	42.4	21.6	16.19	49.2	50.8	19.7	35.38	50.4	49.6	18.1	32.34	55.4	44.6	19.6	20.56	49.7	50.3	19.9	34.18	52.2	47.8	19.8	27.61
	V	69.4	30.6	23.9	1.65	65.5	34.5	21.9	4.80	60.1	39.9	21.6	11.78	65	35	24.7	5.38	65.5	34.5	20.1	4.85	65.2	34.8	22.5	5.12
	R/V	71.7	28.3	20.6	18.81	69.4	30.6	31.6	15.07	73	27	18.5	21.12									71.6	28.4	20.7	18.74
	Rs	51.6	48.4	26.3	29.31	69.5	30.5	33.4	1.64	82	18	33.9	2.61									67	33	31.2	3.45
	R/Rs	50.8	49.2	31.8	0.03	41	59	38.4	3.22	48	52	44.6	0.15									46.6	53.4	38.3	0.45
O Proba blancs 0,7<p<0,8	R	58	42	19.8	15.49	53.1	46.9	21.9	25.60	50.9	49.1	23.5	31.06	58	42	22.2	15.37	51.4	48.6	20.6	29.59	53.9	46.1	21.8	23.72
	V	68.2	31.8	16.9	2.50	66.8	33.2	21.6	3.58	69	31	24.7	1.90	62.6	37.4	22.4	8.23	72.2	27.8	19.5	0.42	68	32	20.8	2.63
	R/V	68.1	31.9	18.4	13.15	59.6	40.4	25.6	3.69	66.5	33.5	27.4	10.83									65.3	34.7	23.5	9.40
	Rs	60.7	39.3	27.1	10.85	55.3	44.7	22.3	20.71	56.4	43.6	23.7	18.37									57.6	42.4	24.6	16.05
	R/Rs	53.4	46.6	24.2	0.48	57.3	42.7	29.9	2.12	37.9	62.1	25.8	5.88									48.9	51.1	26.6	0.05
V Proba blancs 0,5<p<0,7	R	71.9	28.1	20.9	0.53	79.7	20.3	13.6	1.17	78.2	21.8	26.2	0.55	77.6	22.4	14.8	0.35	75.4	24.6	26.6	0.01	76.7	23.3	20.2	0.15
	V	70.5	29.5	21.2	1.06	77.3	22.7	20.8	0.28	72.7	27.3	23.2	0.27	75.1	24.9	22.8	0.00	72.1	27.9	20.7	0.46	73.6	26.4	21.8	0.10
	R/V	49.2	50.8	14.8	0.03	47.4	52.6	24.2	0.28	54.9	45.1	23.5	0.98									50.5	49.5	20.9	0.01
	Rs	77.3	22.7	27.1	0.29	83.6	16.4	27.6	3.93	86	14	30.5	6.40									81.2	18.8	29.4	2.07
	R/Rs	48.4	51.6	39.6	0.10	48.1	51.9	38.7	0.14	52.5	47.5	40	0.25									49.8	50.2	39.5	0.00

65

Voir Légende Générale

Tableau VIII de résultats des tests visuels à courte distance

Résultats par tests

Test 1/2	Effectif	1	Choix init 2	Proba	1	Choix final 2	Proba	%SO
R/N	68	40	37	0,7<p<0,8	28	27	0,9<p<0,95	19.12
V/N	71	30	55	0,001<p<0,01	5	43	p<0,001	32.39
Be/N	77	39	40	0,9<p<0,95	17	35	0,01<p<0,02	32.47
R/V	73	63	34	0,001<p<0,01	54	3	p<0,001	21.92
Be/R	75	35	51	0,05<p<0,1	18	43	0,001<p<0,01	18.67
Be/V	76	50	31	0,02<p<0,05	43	15	p<0,001	23.68
N/GC	78	38	37	0,9<p<0,95	36	23	0,05<p<0,1	24.36
N/Ba	76	58	16	p<0,001	54	1	p<0,001	27.63
GC/Ba	82	52	21	p<0,001	39	10	p<0,001	40.24
J/N	72	24	44	0,01<p<0,02	16	39	0,001<p<0,01	23.61
J/R	71	27	57	0,001<p<0,01	7	51	p<0,001	18.31
J/Be	70	29	49	0,02<p<0,05	17	46	p<0,001	10.00
J/V	73	34	43	0,3<p<0,5	16	42	p<0,001	20.55
J/GC	69	22	47	0,001<p<0,01	8	53	p<0,001	11.59
J/Ba	73	44	25	0,001<p<0,01	33	20	0,01<p<0,02	27.40
Ba/R	72	10	56	p<0,001	3	59	p<0,001	13.89
Ba/Be	67	13	37	p<0,001	1	46	p<0,001	29.85
Ba/V	67	13	35	p<0,001	10	35	p<0,001	32.84
GC/R	67	24	42	0,001<p<0,01	25	34	0,2<p<0,3	11.94
GC/Be	70	35	29	0,02<p<0,05	32	32	p>0,95	8.57
GC/V	70	47	29	0,001<p<0,01	33	21	0,1<p<0,2	22.86

Proba : test de KHI2 avec une répartition théorique de 1/2, 1/2.

Résultats par couleur

Couleur	Intensité	Température °K	Effectif	Choix init	choix final
Noir	200	/	442	272	234
Rouge	2100	2660	426	309	269
Bleu	620	6800	435	239	202
Jaune	4000	2590	428	180	97
Vert	1600	4520	430	202	121
Gris	650	/	436	242	205
Blanc	3200	/	437	98	45

STATISTIQUES

ETUDE DES FACTEURS HEURE & RANG
ANALYSE DE VARIANCE A 2 VOIES 1
Stat 1

Dispositif O Maturité R

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	270,3539	2	135,1770	0,7573	0,483
Entre Heure	49,8990	1	49,8990	0,2795	0,603
Interaction	0,8930	2	0,4465	0,0025	0,998
Erreur	3213,1078	18	178,5060		
Total	3534,2537	23			

Dispositif OV Maturité R

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	217,7114	2	108,8557	1,2529	0,309
Entre Heure	283,3119	1	283,3119	3,2609	0,080
Interaction	85,4584	2	42,7292	0,4918	0,619
Erreur	1563,8660	18	86,8814		
Total	2150,3477	23			

Dispositif V Maturité R

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	317,1194	2	158,5597	2,1599	0,144
Entre Heure	18,7772	1	18,7772	0,2558	0,619
Interaction	211,7369	2	105,8684	1,4422	0,262
Erreur	1321,3710	18	73,4095		
Total	1869,0044	23			

ETUDE DES FACTEURS HEURE & RANG
ANALYSE DE VARIANCE A 2 VOIES 2
 Stat 2

Dispositif O Maturité V

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	21,0482	2	10,5241	0,1141	0,893
Entre Heure	470,6433	1	470,6433	5,1024	0,037
Interaction	222,9242	2	111,4621	1,2084	0,322
Erreur	1660,3269	18	92,2404		
Total	2374,9426	23			

Dispositif OV Maturité V

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	271,6346	2	135,8173	2,4504	0,114
Entre Heure	2,9575	1	2,9575	0,0534	0,820
Interaction	14,7068	2	7,3534	0,1327	0,877
Erreur	997,6599	18	55,4256		
Total	1286,9588	23			

Dispositif V Maturité V

Source	Som. des Carrés	Degré de Liberté	Moy. des Carrés	F-Ratio	Prob>F
Entre Rg	268,2044	2	134,1022	1,6567	0,219
Entre Heure	46,4566	1	46,4566	0,5739	0,459
Interaction	51,9654	2	25,9827	0,3210	0,729
Erreur	1456,9950	18	80,9442		
Total	1823,6214	23			

Etude des facteurs Maturité, Etat sanitaire & Dispositif
Test de student (échantillons indépendants)
Stat 3

Probabilité d'égalité des 2 séries testées.

Les différences significatives (avec un risque alpha de 5%) sont en caractères gras

Tableau 1 : étude du facteur dispositif

	OV	O	O	V	OV	V
Moy R	48,21	46,67	46,67	23,63	48,21	23,63
Test T	0,63		0,000		0,000	
Moy V	34,82	32,39	32,39	27,21	34,82	27,21
Test T	0,35		0,066		0,002	
Moy Rs	32,14	41,34	41,34	17,86	32,14	17,86
Test T	0,095		0,000		0,008	
Moy R/V	35,72	32,93	32,93	24,90	35,72	24,90
Test T	0,275		0,006		0,000	
Moy R/Rs	23,14	25,03	25,03	24,43	23,14	24,43
Test T	0,525		0,817		0,67	

Tableau 2 : étude des facteurs maturité & état sanitaire

	R	V	R	Rs	V	Rs
Moy O	46,67	32,39	46,67	41,34	32,39	41,34
Test T	0,000		0,199		0,03	
Moy OV	48,21	34,82	48,21	32,14	34,82	32,14
Test T	0,000		0,001		0,490	
Moy V	23,63	27,21	23,63	17,86	27,21	17,86
Test T	0,174		0,056		0,003	

Variable : % d'insectes présents dans le secteur actif (pour les niveaux de facteurs R V & Rs) ou dans les secteurs contenant les cerises rouges (pour les niveaux de facteurs R/V & R/Rs) sur les 4 min du test de marche.

PARTIE II

LUTTE BIOLOGIQUE

**LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LE
SCOLYTE DE LA GRAINE DU CAFÉIER
HYPOTHENEMUS HAMPEI FERR.
(COLEOPTERA: SCOLYTIDAE)
EN NOUVELLE-CALÉDONIE.**

INTRODUCTION

Il est admis que le scolyte de la graine du caféier (*Hypothenemus hampei* Ferrari), est originaire de l'Afrique centrale (Waterhouse et Norris, 1981) mais vraisemblablement aussi de l'Afrique de l'Ouest, si l'on considère la richesse de sa faune parasitaire que nous venons d'y observer (Brun et al., 1994). Depuis le début du siècle, il s'est progressivement installé dans toute les grandes zones caféières du monde; seule reste indemne la partie sud-ouest du Pacifique proche de la Nouvelle-Calédonie : Papousie-Nouvelle-Guinée, Australie, îles Salomon et Vanuatu. Il y a cinq ans : catastrophe nationale en Colombie: le scolyte venait d'arriver. Un programme anglo-colombien de recherche en lutte biologique de 1,5 million de dollars sur trois ans y démarre actuellement.

LE RAVAGEUR

Le scolyte du grain de café est un insecte séminivore qui appartient à l'ordre des Coléoptères et à la famille des *Scolytidae*. La totalité de son cycle de développement se déroule à l'intérieur de la graine de caféier à l'endosperme corné. Seul l'adulte - en particulier la femelle - peut présenter une phase aérienne pour la recherche de sa nourriture et du lieu de ponte ou la recherche du partenaire sexuel. De forme cylindrique l'insecte adulte mesure environ 1,5 mm de long sur 0,8 mm de diamètre, le mâle étant plus petit que la femelle; l'oeuf est de taille respectable, comparé aux dimensions de la femelle, puisqu'il mesure 0,5 mm de long.

LA PLANTE

Le caféier (*Coffea canephora* et *C. arabica*) appartient à la famille botanique des Rubiacées. Cette importante famille comporte surtout des arbustes représentant près d'une centaine de genres et plusieurs centaines d'espèces. Les genres *Coffea* (genre arbustif le plus souvent originaire de la forêt dense humide africaine), *Cinchona* (le quinquina), *Gardenia*, *Ixora* (plantes ornementales), *Galium* (mauvaises herbes), *Psychotria* (commun en Nouvelle-Calédonie) sont bien connus. Les feuilles sont opposées, parfois verticillées, entières et munies de stipules, sans latex. Les fleurs, régulières, sont réunies en inflorescences terminales ou axillaires, comme chez le caféier. Le calice est soudé à un ovaire infère creusé de deux loges.

Le fruit charnu du caféier, où se développe le scolyte, est une drupe d'environ 1,5 cm de long à maturité, de forme ovale elliptique, fixée à sa branche fructifère par un court pédicelle ; selon la variété de caféier, elle demande 6 à 9 mois après la floraison pour atteindre sa maturité ; de couleur verte elle grossit et passe par la couleur jaune puis orange avant de devenir rouge.

S'il n'est pas récolté ce fruit noirçit en se desséchant sur l'arbre ou tombe à terre ; les populations du scolyte peuvent continuer à se développer dans ces fruits secs. L'apex du fruit présente un disque central entouré des vestiges des lobes du calice au centre duquel une petite dépression, plus ou moins prononcée selon les variétés de caféier, correspond à l'emplacement du style ; c'est l'endroit privilégié de pénétration de l'insecte dans le fruit, que ce dernier soit vert, orange ou rouge. La drupe est constituée d'un épiderme fin et translucide protégeant une pulpe molle de couleur jaunâtre riche en mucilages et légèrement sucrée, le mésocarpe ; s'y développent parfois les asticots de mouches des fruits. A l'intérieur de la pulpe, les graines du caféier, au nombre de deux en général (parfois une seule graine arrondie), sont enveloppées d'un fin endocarpe dur et fibreux appelé parche. Les deux graines de forme ellipsoïdale mesurent de 8 à 12 mm de long et sont accolées l'une contre l'autre par une face aplatie coupée en deux par un profond sillon ; l'autre face de la graine est convexe. A la surface de la graine une très fine peau argentée protège un endosperme verdâtre et corné plié en des circonvolutions caractéristiques et un petit embryon rectiligne situé du côté du pédicelle du fruit. Après le dépulpage du fruit, le séchage des graines en parche et le déparchage de ces dernières, on obtient le café vert marchand soumis à l'expertise et prêt à être torréfié.

ELEMENTS DE BIOLOGIE ET D'ETHOLOGIE SUR LE SCOLYTE DE LA GRAINE DU CAFIER *HY- POTHENEMUS HAMPEI*

Lors de son éclosion dans une graine déjà infestée la femelle du Scolyte présente une couleur brun clair ; elle reste immobile durant quelques heures tandis que sa couleur commence à s'assombrir (elle deviendra franchement noire 5 jours plus tard). Aussitôt a lieu l'accouplement avec un mâle se trouvant déjà dans la cerise. Sinon, la femelle devra rechercher un mâle dans une autre cerise. Débute alors la maturation de ses oeufs. La femelle commence à se nourrir dans la cerise où elle se trouve ou, s'il n'y a plus de nourriture, elle en sort pour choisir une autre cerise à un stade réceptif : l'épiderme et la pulpe de la cerise ne doivent pas être trop durs, comme chez une petite cerise verte non développée, tandis que la graine de la cerise (verte, dans ce cas) ne doit pas être aqueuse, mais être assez dure, pour que l'insecte, qui l'atteint deux jours environ après avoir commencé son trou d'entrée (d'un diamètre de 0,5mm), puisse y creuser un tunnel, s'y nourrir, puis y déposer ses oeufs. C'est pour cette raison que, lorsqu'un choix est possible, les cerises rouges sont préférées aux cerises vertes ou brunes (cerises rouges ayant séché sur l'arbre ou après la récolte). La période de pré-oviposition et de maturation des oeufs correspond aux deux à trois jours au minimum que dure la formation du tunnel de prise de nourriture et de ponte, depuis l'apex de la cerise en général jusqu'à une des deux graines du fruit ; cette période peut cependant s'étaler sur 9 jours. La majorité des femelles commence à pondre 5 à 6 jours après leur émergence (extrêmes : 3 à 9 jours) ; le maximum moyen de la ponte survient vers le 11^{ème} jour ; 2 à 3 oeufs sont pondus par jour pendant une vingtaine de jours ; ensuite la ponte diminue progressivement durant un mois. Au cours de sa vie une femelle peut pondre jusqu'à 70 oeufs, soit une cinquantaine en moyenne. Au cours de sa ponte le Scolyte femelle peut attaquer plusieurs cerises successivement. L'incubation de l'oeuf du Scolyte dure 7 jours, ses stades larvaires 12 à 19 jours (le mâle se développe 3 à 4 jours plus vite que la femelle), la prénymphe 2 à 3 jours et la nymphe 4 à 5 jours. Au laboratoire, le mâle adulte vit en moyenne un mois et la femelle deux mois. En salle d'élevage à 25° et avec une hygrométrie proche de 100 % (à l'intérieur

de la cerise) le cycle du Scolyte demande de 25 à 27 jours. Au champ, lorsque les cerises ne sont pas mûres et que la température peut descendre, comme en Nouvelle-Calédonie, jusqu'à 7° en saison fraîche, chaque génération du Scolyte dure plus longtemps. On a observé en Nouvelle-Calédonie (Cochereau, 1991) en moyenne 2.2 femelles pour un mâle dans les cerises rouges et 4 femelles pour un mâle dans les cerises vertes ; dans ce cas la proportion des mâles augmente en même temps que se développent les populations, ce qui, en l'absence de parthénogénèse, est un facteur favorable à une bonne fécondation des femelles et donc au développement des pullulations. Divers auteurs retiennent en moyenne un sex-ratio de 10 scolytes femelles environ pour 1 mâle. On n'observe jamais un mâle sans femelle, que la cerise soit rouge ou verte. Par ailleurs, il est possible de trouver des cerises hébergeant des larves sans aucun adulte, ce qui indique qu'une femelle fondatrice peut quitter une cerise après y avoir pondu et malgré l'abondance de nourriture disponible. On trouve normalement à la dissection des cerises des populations d'oeufs, de larves, de nymphes et d'adultes beaucoup plus nombreuses dans les cerises rouges que dans les cerises vertes (de 2 à 9 fois plus) ; en effet le scolyte peut commencer à forer sa galerie puis pondre lorsque la cerise est encore verte, ensuite les larves et les nymphes se développent dans la cerise au fur et à mesure que cette dernière mûrit. Une simple cerise sèche peut héberger une centaine de scolytes à l'état de larves, nymphes et surtout adultes.

LE SCOLYTE DE LA GRAINE DU CAFIER EN NOUVELLE-CALÉDONIE

Le scolyte a dû arriver en Nouvelle-Calédonie par exemple dans des sacs de café non desinsectisés, lorsqu'un Service phytosanitaire efficace n'existait pas encore sur ce Territoire. Le ravageur a été observé pour la première fois dans le nord-ouest de la Nouvelle-Calédonie, dans la région de Gomen, en août 1948 (Bugnicourt, 1950; Cohic 1958), si ce n'est plus tôt (Lavabre, 1966). Ainsi, c'est depuis le tiers nord de l'île, plus chaud, que le ravageur s'est en cinq ans répandu sur l'île tout entière en descendant progressivement vers le sud le long des deux côtes Est et Ouest. L'insecte s'est à la longue parfaitement acclimatée aux températures hivernales du Territoire, mais n'a pu y rencontrer ses ennemis naturels qui sont restés dans les plantations africaines, les parasites du scolyte n'ayant pu suivre d'eux mêmes leur hôte dans les sacs de café; ce qui fait que depuis son introduction le scolyte pullule dans les caféières néo-calédoniennes. Entre Houaïlou et Hienghène, sur la côte Est, il s'est même adapté au redoutable Endosulfan, en développant des souches résistantes à cet insecticide.

Dés septembre 1949 le Gouverneur de la Nouvelle-Calédonie promulgait par arrêté les mesures de lutte culturale à prendre contre ce ravageur: récolte sanitaire, date limite de récolte, traitement par voie humide, suppression des plantations abandonnées et des plantations mixtes de *Coffea canephora* var. *robusta* et *C. arabica* aux maturations décalées. Par la suite Cohic et Lavabre ont préconisé, entre autres, la lutte chimique, notamment à l'aide de l'endosulfan. Cochereau (1965) constate qu'en 1964 les pourcentages des cerises mûres scolytées varient sur la côte Est de 7% à 99% (17 prélèvements portant sur un total de 5500 cerises prélevées) et en février 1965 entre 1% et 94% (13600 cerises en 34 prélèvements); il rappelle la récolte sanitaire, préconise de parfaire l'ombrage au moyen d'*Albizzia lebeck* (L.) Benth. (le "bois-noir"), car il suffit de quelques caféiers non ombragés dans une plantation pour constituer des foyers à scolyte, de supprimer les caféiers *Arabica* subsistant au milieu d'une plantation de *Robusta*, ainsi que les arbres malades ou asphyxiés

par l'eau dont la floraison est décalée, d'empêcher enfin par un traitement chimique sous bâche les scolytes adultes de s'envoler des aires de séchage des cerises à la récolte. Il note en trois biotopes, sur 12% à 22% des cerises scolytées, la présence du champignon entomopathogène *Beauveria bassiana* : en deux vallées de montagne (Amoa et Nimbayes) et en bordure de mer (Touho).

Les dégâts du scolyte sur cerises (pourcentage des cerises mûres trouées), d'abord grossièrement évalués en général à 50 % par les services de l'Agriculture de Nouvelle-Calédonie, ont été ramenés en 1966 par Lavabre entre 10 et 25% en vallée de montagne, mais montés à 90 % sur la côte Est (Poindimié-Touho), le chiffre global moyen de 33% étant retenu. Lavabre rappelle l'incidence limitative du champignon *Beauveria* bien qu'il ne l'ait pas observée. Dans le cadre des travaux récemment menés en Nouvelle-Calédonie, nous avons souvent constaté que les populations, donc les attaques du ravageur sur les cerises, sont au même moment souvent très différentes (de 0 à 100% des cerises trouées) d'une plantation à une autre voisine et même entre deux arbres voisins d'une même plantation. Ces situations se retrouvent d'une année sur l'autre aux mêmes endroits, avec des variations normales dues au climat de l'année. Ceci montre que ces diverses populations sont régies par des facteurs de mortalité autres que les facteurs de mortalité intrinsèques à l'espèce et comme l'insecte se déplace peu, il ne faut pas, dans ces conditions, trop compter sur lui pour propager la mycose dans la nature; par contre, si la souche choisie de *Beauveria* est agressive, des épandages appropriés de spores ou de mycélium, et bien situés par rapport à la gradation du ravageur, doivent s'avérer efficaces.

ETUDE DES CERISES SECHES

En janvier-février, deux à trois mois après les dernières récoltes, peuvent subsister sur quelques caféiers d'une plantation donnée un certain nombre de cerises complètement desséchées, car elles viennent d'être soumises durant deux à trois mois au moins à une sécheresse prolongée. Ce sont des cerises qui ont été négligées lors du dernier passage du récolteur, ou bien elles proviennent de quelques fleurs tardives qui, au moment de la récolte, s'étaient transformées en cerises vertes non encore récoltables.

Les cerises scolytées récoltées sont emportées loin du champ avec les populations de scolyte qu'elles contiennent; ces dernières sont ainsi éliminées de la plantation par l'homme de façon manuelle. En général ces cerises sont soumises à l'usine ou à la micro-unité au traitement par voie humide. Lors de ce traitement, les cerises puis les graines surnageant dans l'eau, scolytées ou non, sont soustraites de la récolte. Le traitement élimine ainsi une certaine proportion des populations de scolytes en cours de multiplication dans les cerises récoltées, au moins les jeunes stades qui n'auront pas le temps d'atteindre le stade adulte avant le séchage de la graine en parche sur la claie. Cependant, nous avons montré que dans les cerises surnageant éliminés de la trémie (le "flotteur"), ou dans les grains surnageant éliminés des bacs, les larves de scolyte peuvent continuer à se développer dans les tas de ces déchets déposés à proximité, tandis que les scolytes adultes s'envolent de ces sites de multiplication. Ils vont se réfugier dans les cerises des plantations les plus proches non encore récoltées ou, si elles le sont, dans les dernières cerises abandonnées sur les arbres de ces plantations.

Ce sont dans de tels abris que tout au long de la saison sèche continuent à se

développer les populations tardives de scolytes. Ces populations résiduelles sont numériquement très faibles si on les compare aux énormes populations qui se développent sur une récolte. Ils ont néanmoins une très grande importance dans la dynamique des populations d'une plantation donnée, car c'est à partir de celles-ci que l'infestation de la fructification suivante va démarrer. Les facteurs de mortalité qui interviennent sur les populations de scolytes contenues dans les cerises sèches présentent ainsi une importance primordiale. Dans une même plantation, on observe des différences considérables dans les populations résiduelles d'une zone à l'autre de la plantation, d'un arbre à l'autre et même d'une cerise sèche à l'autre. Ces différences se retrouvent ensuite dans l'infestation des cerises rouges d'une zone à l'autre ou d'un arbre à l'autre au cours de la fructification suivante, car les femelles fondatrices sont alors essentiellement sédentaires.

Les cerises sèches sont parfois recouvertes d'une croûte de filaments mycéliens liée à la présence antérieure sur les branches, sur les feuilles et sur les cerises du caféier de cochenilles du genre *Coccus*, puis de fumagine du genre *Meliola* développée sur leurs miellats. Cette croûte est très hygroscopique; elle absorbe l'eau des rosées matinales et maintient ainsi un degré hygrométrique favorable autour de la cerise et à l'entrée du trou du scolyte. Les deux grains d'une cerise sèche présentant souvent un seul trou de scolyte et peuvent être réduits en une poudre noire attestant l'action prolongée d'une importante colonie du ravageur, alors qu'ils n'hébergent plus un seul insecte. On peut considérer que dans ce cas tous les scolytes sont sortis d'eux-mêmes de la cerise, mais sans pouvoir trouver de cerises à un stade favorable pour être infestées, ou alors ils ont été éliminés ou chassés. Dans d'autres cas, les deux grains réduits à une dentelle noire peuvent abriter jusqu'à 85 adultes. Il peut arriver qu'on trouve au milieu d'une poudre noire, avec de nombreux adultes, quelques oeufs et jeunes larves qui n'ont plus grand'chose à manger. Ce milieu interne est parfaitement isolé de l'extérieur ensoleillé et desséchant par le péricarpe parcheminé de la cerise et par les parches des grains, et d'autant plus que souvent le trou initial d'entrée dans la cerise est bouché par un des scolytes de la colonie qui se tient là en permanence en présentant son pygidium vers l'extérieur. Lorsque la cerise provient d'un biotope très sec (Bangou) ce scolyte est souvent mort, alors que la plupart des scolytes à l'intérieur de la cerise sont encore vivants.

Fin janvier 1993, la pulpe des quelques cerises rouges observables en général non scolytées est très aqueuse, tandis que les grains (avortés ?) se présentent sous la forme de lamelles. A La Coulée surtout, mais aussi à Païta et à N'Dé, les cerises sèches de l'année précédente sont recouvertes d'une croûte noirâtre constituée de nombreux poils très fins et hygroscopiques de la fumagine. S'y réfugient de petits nématodes et dans les crevasses de cette croûte, souvent près de l'entrée du trou du scolyte, à l'apex de la cerise, divers acariens, en particulier un Oribate de la famille des *Zetorchestidae* recouvert d'une cuirasse marron.

A Païta, le 1er février, on a récolté 1400 cerises sèches scolytées à 99%. Les deux grains de chaque cerise sont le plus souvent transformés en un "gruyère" tout noir, parfois pulvérulent, où grouillent des dizaines de scolytes adultes, avec quelques rares larves et nymphes. Dans certaines cerises on trouve plusieurs espèces de larves de coléoptères sans doute prédatrices; recouvertes de poils, les mandibules très pointues, elles présentent des expansions pygidiales semblables à des cerques. A Païta a été observé un petit coléoptère à forme de carabe. Souvent, une proportion non négligeable des scolytes adultes

est morte, parfois tous les scolytes sont morts. Les commensaux compétiteurs du scolyte dans les cerises sèches sont des larves de coléoptères, en particulier celles de la bruche *Acanthoscelides obtectus*, avec diverses espèces de petites chenilles, parfois rouges, très agiles; elles peuvent aussi tisser des toiles à l'extérieur de la cerise. On peut ainsi avancer la présence dans ces cerises sèches des familles de coléoptères suivantes, soit prédatrices, soit commensales : *Bruchidae*, *Colydiidae*, *Cucujidae*, *Ostomidae*, *Inopeplidae*, *Cerambycidae*, *Cryptophagidae*, *Corylophidae* et *Cebrionidae*.

A La Coulée le 4 février 1993 et au Col de la Pirogue le 16 février a été observé dans des cerises déjà scolytées, sur des chenilles et des larves de bruche se trouvant dans ces cerises, mais aussi à l'extérieur de cerises scolytées recouvertes d'une croûte noire de fumagine, un acarien Trombidiforme Tarsosème de la famille des *Pyemotidae* (= *Pediculoididae*). Il a pu être élevé au laboratoire sur des oeufs, des larves, des nymphes et même des adultes marron (venant de muer) d'*H. hampei*. Les proies sont alors complètement vidées et réduites à leur épiderme. Celles qui ne sont pas vidées à cause de l'excès de nourriture sont néanmoins tuées, peut-être par des piqûres nutritionnelles; même des scolytes adultes bien chitinisés sont retrouvés morts. Au laboratoire, mise en présence de l'acarien, "la fourmi électrique" (*Wasmannia auropunctata*) est retrouvée morte au bout de 24 heures. Les formes mobiles sont très petites et se déplacent avec vivacité; au laboratoire elles passent à travers les grillages des boîtes d'élevage à maille de 0.12 mm. Cependant, lorsqu'elles ont trouvé une proie convenable, elles y enfoncent leurs chélicères en forme de stylets piqueurs et y restent fixées. Au fur et à mesure qu'elles en absorbent l'hémolymphe l'extrémité de leur abdomen se distend démesurément et prend la forme d'une bille jusqu'à atteindre 200 à 300 fois son volume initial. *Pyemotes* (= *Pediculoides*) *ventricosus* est connu pour être ectoparasite de diverses larves d'insectes; cette espèce voit également son abdomen se distendre en une sphère énorme lors de la prise de nourriture. Ce phénomène spectaculaire est aussi connu chez *Siteroptes* (= *Pediculopsis*) *graminum*. Les oeufs se développent et éclosent à l'intérieur de la boule et les acariens y deviennent adultes; quelques mâles fécondent toutes les femelles avant la rupture du sac et l'émergence générale. Une femelle donne naissance à environ 300 acariens. A La Coulée, où cet acarien a été observé pour la première fois, on trouve très peu de scolytes adultes dans les cerises trouées, sauf une exception sur 20 lorsque 85 scolytes adultes occupaient une cerise, les deux grains attaqués étant réduits en dentelle. Des petites chenilles et des larves de bruche entrent en compétition avec le scolyte pour la nourriture. Ainsi chenille, bruche et scolyte sont attaqués par l'acarien (jusqu'à une trentaine de "billes" sur une seule chenille). On ne rencontre pas d'oeufs, de stades larvaires et nymphal du scolyte dans ces cerises, si quelques scolytes adultes vivants subsistent dans la sciure de la chenille où ils ont trouvé refuge. Ils représentent sans doute la descendance de larves et de nymphes ayant échappé à l'acarien en présence ou non de chenille et de bruche.

Le 8 février, au Col de la Pirogue, toutes les cerises fraîches sèches (de l'année) sont scolytées. La pulpe des cerises rouges est parfois attaquée par des oiseaux, tandis que les grains en lamelles vides restent très aqueux. Le scolyte s'y développe sans doute difficilement. Dans les cerises rouges on trouve parfois de nombreuses larves et nymphes, ce qui indique un début de multiplication des populations.

A la tribu de Bangou les 8 et 9 février, sur une plantation beaucoup plus sèche, les cerises sèches (de l'année précédente) n'hébergent que des scolytes

adultes. Dans ce cas, en règle générale, un scolyte adulte bouche avec son pygidium le trou d'entrée de la cerise; sa tête est donc dirigée vers le milieu intérieur de la cerise. Cet insecte est vivant en général, mais il peut être mort.

Le 15 février à La Coulée parmi 18 cerises sèches scolytées récoltées sur le même caféier (n° 305), certaines ne renfermaient plus aucun scolyte, par contre on peut observer dans d'autres cerises voisines de nombreux scolytes adultes (jusqu'à 71 adultes dans une cerise) avec quelques oeufs et larves; dans une même cerise, l'un des grains peut être consommé par le scolyte, tandis que l'autre est colonisé par une larve de bruche ou une chenille.

Le ravageur

ESTIMATION DES PERTES DUES AU SCOLYTE SUR UNE MICRO-UNITE DE TRAITEMENT PAR VOIE HUMIDE

Le traitement par voie humide et les échantillonnages

Par opposition au traitement par voie sèche, où les cerises sont mises à sécher au soleil après leur récolte sur des claies ou à même le sol, le traitement par voie humide permet d'éliminer une certaine proportion de cerises scolytées et de stopper le développement du ravageur dans les grains commercialisables. Par la voie sèche, les larves de scolyte continuent à se développer jusqu'à leur mort dans la cerise disposée sur l'aire de séchage tout en consommant l'intérieur du grain, tandis que les adultes peuvent s'envoler à nouveau vers les plantations.

Une micro-unité de traitement par voie humide comprend une aire de déchargement et de pesage des touques ou des sacs de cerises amenés par camionnette dans les 24 heures après la récolte. Un premier échantillonnage de cerises tout venant a été effectué à ce niveau. Les cerises peuvent encore attendre 24 heures avant d'être traitées par le gérant de la coopérative de producteurs. Les cerises sont alors déversées dans une trémie en béton de plusieurs mètres cubes alimentée par une arrivée d'eau courante et emplie d'eau. Elles sont bien remuées avec un bâton de façon à ce que toutes les cerises légères puissent remonter à la surface de l'eau. Une certaine proportion des cerises flotte à la surface de l'eau ("le flotteur"). Leur prélèvement au tamis effectué, elles sont soit jetées, soit conservées pour un traitement ultérieur à part. Une seconde série d'échantillonnages est alors effectuée sur les cerises-flotteur et sur les cerises du fond de la trémie. Celles-ci sont parfois laissées à fermenter dans la trémie afin de faciliter le dépulpage, mais le plus souvent elles passent immédiatement au dépulpeur. Lorsque le fond de la trémie est ouvert, les cerises sont entraînées par gravité dans le courant d'eau vers le dépulpeur. Cette machine sépare le péricarpe de la cerise de ses grains enveloppés de mucilage. Ces derniers sont alors dirigés par un courant d'eau vers un bac de décantation et de fermentation. On élimine alors un second "flotteur", cette fois constitué de grains. De nouveaux échantillons sont pris à ce niveau. Deux jours plus tard les grains du fond du bac se trouvent naturellement débarrassés de leur mucilage par la fermentation tandis que les populations de scolyte sont asphyxiées à l'intérieur des grains attaqués. Entre temps, d'autres grains sont remontés en surface et sont aussi éliminés. Après lavage, les grains restés au fond du bac sont mis à sécher au soleil sur des claies pendant plusieurs semaines jusqu'à atteindre un taux d'humidité satisfaisant. Un échantillon est prélevé à ce moment. Les claies installées sur des

chariots montés sur rails peuvent, sous des toits de tôle, être rapidement soustraites à une pluie soudaine ou chaque soir aux rosées de la nuit. Des impuretés sèches passent aussi à travers les mailles de la claie lorsque les grains sont remués. Un dernier échantillon est prélevé en fin de traitement sur la claie. Parfois, un système de ventilation d'air chaud provenant d'un toit de tôles chauffées par le soleil est utilisé pour amener les grains en parche au degré d'humidité satisfaisant. Au niveau de la claie, l'élévation de température et la diminution de l'humidité tuent les oeufs et les larves de scolyte survivants. Le grain de café passe alors à la départeuse qui le débarrasse de sa parche. Le café vert marchand est ensuite expertisé puis vendu au torréfacteur. Malgré le traitement par voie humide et les éliminations successives de cerises puis de grains scolytés, de nombreux lots de café sont en Nouvelle-Calédonie déclarés "déclassés" par l'expert. Le plus souvent ce sont les grains scolytés qui sont à l'origine de ce déclassement, c'est à dire qu'un échantillon de 300 grammes de café vert contient plus de 120 grains scolytés.

Estimation des pertes sur la micro-unité de Tanghène

La petite plantation mélanésienne de Lindéralique (côte Est de la Province Nord), appartenant à F. Mampasse, est constituée de caféiers Robusta. Non ombragée ("café-soleil"), elle a été plantée en 1985 et s'étend sur 0,25 hectare d'alluvions du bord de mer. Traitée une seule fois à l'endosulfan en janvier 1992, la récolte étudiée a commencé le 28 août 1992. Sont suivies ici les cerises de café récoltées le 7 septembre et contenues dans 17 "touques" (anciens bidons d'huile utilisés couramment lors des travaux agricoles). Le poids moyen des cerises contenues dans une touque pleine est d'environ 12 kg.

A chaque niveau du traitement par voie humide à la micro-unité de Tanghène, proche de Hienghène, des prises d'échantillons, au moyen de boîtes aux volumes connus et proportionnelles au nombre de touques de cerises étudiées, ont été effectuées selon un protocole établi. Sur les cerises, les dénombrements et les pesées ont été effectués sur au moins 2500 cerises et sur les grains sur au moins 12000 grains pleins (outre les grains avortés réduits à une pellicule).

A l'arrivée à la trémie, 39% des cerises "tout venant" sont scolytées. Le poids des cerises saines est comparable à celui des cerises scolytées : 113,9 g/100 cerises saines contre 113,4 g/100 cerises scolytées. Ceci est dû au fait qu'un certain pourcentage de cerises saines contient des grains spongieux ou avortés.

Une fois les 17 touques déversées dans la trémie emplie d'eau, les cerises qui flottent emplissent environ une touque, ce qui correspond à une perte de 6% en volume. A Tanghène, ces cerises ne sont pas traitées et sont jetées. En d'autres micro-unités le "flotteur" peut être traité séparément pour en extraire les grains sains. Mais cette opération supplémentaire représente un surcroît de travail important pour seulement quelques kilos de café. Une touque de cerises-flotteur pèse 1 kg de moins qu'une touque de cerises tout-venant. Mais toutes les cerises qui flottent ne sont pas forcément scolytées.

Etude des cerises du "flotteur" (1 touque sur 17).

Sur un échantillon de cerises -flotteur les cerises scolytées et non scolytées

sont triées, dénombrées et pesées.

On observe parmi les cerises qui flottent 75% de cerises scolytées (88,5 g/100 cerises scolytées) et 25% de cerises non scolytées (89,1 g/100 cerises non scolytées). On ne peut donc dire que le traitement par voie humide s'adresse uniquement au scolyte.

Etude des cerises non scolytées du flotteur (1 cerise sur 4).

Parmi ces cerises, trois cas se présentent :

- A - les deux grains sont pleins et durs
- B - un grain est plein, l'autre spongieux mais il reste volumineux
- C - un grain est plein, l'autre avorté, c'est à dire que ce dernier est réduit à une mince pellicule.

Ces trois catégories se répartissent de la façon suivante:

- catégorie A : 17% 37,7 g/100 grains sains
- catégorie B : 56% 37,7 g/100 grains sains
22,6 g/100 grains spongieux
- catégorie C : 27% 33,0 G/100 grains sains
3,0 g/100 grains avortés

Les cerises saines de la catégorie A flottent, bien que contenant deux grains sains. Cela signifie que les graines ne sont pas assez lourdes, par rapport au poids du volume d'eau déplacé par la cerise, pour faire couler cette dernière dans le fond de la trémie. On élimine ainsi les petits grains, légers dans une cerise volumineuse, bien qu'ils soient sains. Les grains spongieux peuvent être dûs à un déficit en eau lors de la constitution du fruit ou à un facteur génétique. Cette dernière cause doit être avancée lorsque le grain est avorté (pollinisation défectueuse des clones vulgarisés).

Etude des cerises scolytées du flotteur (3 cerises sur 4).

Parmi ces cerises 4 cas peuvent se présenter:

- 22,7% avec 2 grains pleins scolytés
31,5 g/100 grains pleins scolytés
- 30,6% avec 1 grain plein scolyté
28,9 g/100 grains pleins scolytés et
1 grain plein sain
34,8 g/100 grains sains
- 35,3% avec 1 grain plein scolyté
31,4 g/100 grains pleins scolytés et
1 grain avorté
2,1 g/100 grains avortés
- 11,4% avec 1 grain plein scolyté
34,9 g/100 grains pleins scolytés et
1 grain spongieux non scolyté
21,8 g/100 grains spongieux non scolytés

Le grain spongieux n'est jamais scolyté. La comparaison des poids des grains sains des cerises non scolytées avec ceux des grains scolytés du "flotteur"

apporte une approche de la perte en poids à attribuer au scolyte sur chaque grain au moment de la récolte, mais seulement en ce qui concerne les cerises du "flotteur":

- poids moyen des grains pleins sains: 37,7 g/100 grains sains
- poids moyen des grains scolytés : 31,7 g/100 grains scolytés

soit une perte de 16% en poids.

Lorsque l'un des grains est avorté, l'autre n'étant pas scolyté, on observe une influence négative de l'avortement (-12%) sur le poids de l'autre grain fécondé.

Etude des grains surnageant ("grains-flotteur")

On pèse tous les grains surnageant et tous ceux qui coulent. Les grains-flotteur humides pèsent 2250 g. Sur un échantillon de 2005 grains surnageant (une boîte d'un volume connu), les pesées et les dénombrements fournissent les résultats suivants :

3,4 g/100 grains avortés	44,5 %
28,7 g/100 grains scolytés	21,5 %
22,4 g/100 grains pleins sains	11,0 %
11,6 g/100 grains spongieux	23,0 %

Il apparait donc que l'élimination des grains surnageant dans le bac concerne deux fois plus un défaut génétique (la pollinisation) que l'impact du scolyte. Au flottage est aussi éliminé le petit grain sain dont le poids est inférieur au poids du volume d'eau déplacé par sa parche trop volumineuse. A titre comparatif, le grain tout venant (scolyté ou non) humide avec son mucilage qui coule au fond du bac est beaucoup plus lourd, soit 54,7 g/100 grains du fond.

LA LUTTE INTEGREE

La lutte contre le scolyte du café en Nouvelle-Calédonie s'inscrit dans une stratégie de *lutte intégrée*. Celle-ci consiste à rassembler autour du scolyte à combattre toutes les causes de mortalité que l'Homme peut utiliser à son profit. On a vu que l'insecticide a ses limites avec les gènes de résistance opposés par l'Insecte à l'endosulfan. On ajoute ici une cause de mortalité supplémentaire : un parasite naturel que l'on est allé chercher en Afrique. Et il y a d'autres parasites, des prédateurs, des champignons, des compétiteurs et sans doute d'autres maladies, peut-être à virus, qu'il faut étudier, mais qui se trouvent encore en Afrique et qu'il faudrait aller chercher, sans compter les attractifs chimiques. Un chercheur sud-américain a récemment découvert au Togo une guêpe encore plus petite que *Cephalonomia* qui, elle, pond directement dans le scolyte adulte. Nous l'avons également observée fin 1992 en Côte d'Ivoire. Mais, jusqu'ici, cette candidate potentielle à la lutte biologique ne se laisse pas manipuler aussi facilement que sa consœur.

MISE EN PLACE, EN COTE D'IVOIRE (REGION DE MAN), D'UN DISPOSITIF DE PIEGEAGE DES PARASITES DU SCOLYTE DU GRAIN DE CAFE POUR EXPEDITIONS SUR LA NOUVELLE-CALEDONIE

En février 1991, nous avons récolté quelques dizaines de cerises sèches sur des caféiers des parcelles des collections ORSTOM au Mt Tonkoui (1200 m d'altitude), dans la région de Man (Ouest Côte d'Ivoire), ainsi que sur une parcelle villageoise située près des parcelles "Cacaoyers" de la Station ORSTOM de plaine. De ces cerises ont émergé trois semaines plus tard quelques adultes du parasite Béthylide *Cephalonomia stephanoderis* et une autre espèce de Béthylide *Goniozus* sp. (dét. DELVARE, Cirad-Montpellier). Aucun autre parasite n'a éclos d'expéditions ultérieures de cerises sèches effectuées par E. COUTURON (avril 1991), généticien responsable de la Station ORSTOM de Man.

Par la suite (novembre-décembre 1991), E. COUTURON a conduit un élevage du scolyte par adjonctions périodiques de grains sains dans des boîtes contenant déjà des grains scolytés, mais un programme de recherche des parasites dans la nature n'a pu être inséré dans les activités déjà importantes de la Station de Génétique.

La convention de recherche concernant entre autres la lutte biologique ayant été signée entre l'ORSTOM et la Province Nord de Nouvelle Calédonie en juillet 1992, il fut alors possible d'aller rechercher en Côte d'Ivoire, comme prévu, des souches de *Cephalonomia stephanoderis* et de les expédier sur la Nouvelle Calédonie.

TICHELER (1961) écrit: "En récoltant régulièrement, l'homme est le facteur de mortalité le plus important du Scolyte du grain de café. *Cephalonomia stephanoderis* est le parasite le plus important en Côte d'Ivoire, jusqu'à 50 % des couvains du scolyte dans les cerises noires étaient parasitées par lui. Ses larves vivent en exoparasites sur les larves du dernier stade de *Stephanoderes hampei* et elles se rencontrent alors surtout dans les cerises d'un stade de maturation avancée. Le parasite ne peut pas vivre dans les plantations ombragées."

Par ailleurs KOCH (1973) rapporte de son côté que la période où les populations de *C. stephanoderis* sont élevées est très courte, car au fur et à mesure que la récolte s'avance les populations de son hôte doivent lutter contre un manque de nourriture, vieillissent rapidement et disparaissent à la fin de la saison de la récolte du café par manque de nourriture et de milieu nécessaire à la ponte. Le parasite à ce moment a peu de chances de se reproduire et ses populations décroissent aussi très rapidement. L'impact du parasite sur des populations de scolytes a été étudié dans une plantation où aucune récolte de cerises n'a été effectuée. La présence de *C. stephanoderis* entraîne une diminution des populations de *S. hampei* à la fin de la saison de 20 à 30 %, mais cet effet n'est plus que de 5 % pendant l'intercampagne. Ce parasite pourrait être favorable en Côte d'Ivoire au maintien des populations de scolytes entre deux saisons de café.

Ainsi KOCH n'a pas pu étudier un développement normal des populations de *C. stephanoderis* dans des parcelles expérimentales où des récoltes régulières de cerises mûres étaient effectuées, les cerises scolytées et parasitées étant toujours cueillies au moment où le cycle du parasite venait tout juste de commencer. Lorsque 80 à 90 % des cerises sont mûres, plus de 50 % des cerises sont noires ; les populations de *C. stephanoderis* commencent alors à se déve-

lopper dans 5 à 20 % des cerises scolytées, sur une période de 4 semaines environ. Le nombre des individus vivants de *C. stephanoderis* dans les cerises scolytées décroît rapidement après que le pourcentage des cerises scolytées et parasitées ait atteint son maximum. Selon les tableaux fournis par KOCH, *C. stephanoderis* apparaît en Côte d'Ivoire dans la région de Divo (zone de forêt, à 150 km au sud de Man) à la fin décembre sur caféiers Robusta, le maximum des populations se situant de la mi-janvier à la mi-février. Il est possible que dans la région de Man, beaucoup plus sèche, cette période soit légèrement décalée sur février-mars, la quasi totalité des plantations étant constituées de caféiers *Robusta* (*Canephora*).

Choix de la période de prospection

En octobre 1992 nous demandions depuis Nouméa à E. COUTURON son accord pour venir rechercher sur la Station ORSTOM de Génétique de Man, durant quelques semaines, les parasites du scolyte du grain de café. Ce dernier nous répond de venir dès la fin d'octobre, la récolte des caféiers Arabica étant déjà bien entamée et la disponibilité en personnel d'exécution réduite jusqu'en février.

Le dilemme suivant nous était posé :

- attendre, contrairement à l'avis de E. COUTURON, la période fin janvier-début février, puisque l'essentiel des parasites n'avait de chances d'apparaître qu'à cette époque sur des populations de scolyte en fin de gradation (cf KOCH), elle-mêmes développées sur quelques cerises noires qui n'auraient pas été récoltées, abandonnées sur les arbres. Cette alternative exposait à ne plus trouver de cerises sur la plus grande majorité des caféiers, toutes les récoltes étant effectuées : c'est la situation que nous avons trouvée en février 1991. Ainsi, seulement un petit nombre de parasites aurait pu être trouvé sur des reliquats de cerises sèches restées sur les arbres.

- ou bien rejoindre la Côte d'Ivoire et Man le plus tôt possible, comme demandé par E. COUTURON, au risque de ne pas trouver à notre arrivée de parasites dans les plantations. Néanmoins, un dispositif approprié pouvait alors être mis en place, avant que les récoltes de cerises déjà bien avancées sur caféiers Arabica (et même *Canephora*) ne soient terminées, afin de pouvoir récolter par la suite des populations conséquentes de parasites.

C'est la solution que nous avons retenue.

Nous n'avons pu arriver à Man avant le 13 novembre. A ce moment, les récoltes d'Arabica sur la Station ORSTOM d'altitude (Mt Tonkoui) étaient déjà bien entamées.

Recherche des parasites au Mont Tonkoui

Les collections ORSTOM sont installées au Mt Tonkoui sur 17 parcelles non ombragées couvrant au total 5 hectares. Y conduit une piste de montagne difficile de 17 km. S'y trouvent des caféiers Arabica spontanés issus de prospections (110 origines) ; trois espèces de *Coffea* constituent la collection d'altitude de base, d'autres sont installées en test de comportement à l'altitude, avec des hybrides (voir les figures).

Le 14.11.92 deux sondages sur 584 cerises ont montré que les cerises rouges encore en place sur la parcelle TK 09 et sur une petite parcelle d'hybride n'étaient pas attaquées par le scolyte.

Le 17.11.92, dix manoeuvres ont effectué une récolte sanitaire sur une partie de 9 parcelles, c'est à dire que toutes les cerises restantes ont été récoltées, qu'elles soient vertes, rouges ou sèches. Devant les très faibles taux d'attaque du scolyte, une récolte sélective a aussitôt été effectuée sur une autre partie de 4 parcelles, c'est à dire que n'ont été enlevées de l'arbre que les cerises présentant un trou de scolyte.

Par la suite, au laboratoire, des cerises rouges scolytées et des cerises vertes scolytées ont été ouvertes pour obtenir des grains scolytés. Des cerises et des grains scolytés provenant de ces récoltes ont été périodiquement disséqués sous la loupe binoculaire pour évaluer l'âge des populations du scolyte, leur évolution, et rechercher des indices de Béthylides parasites.

Un modèle de fiche appropriée permet d'évaluer l'âge moyen d'une population de scolytes dans un échantillon donné au moyen des pourcentages de grains scolytés présentant seulement un trou d'entrée, une galerie sans adulte, une galerie avec un adulte (ou plusieurs) avec oeufs, et (ou) jeunes larves, et (ou) vieilles larves, et (ou) nymphes, au moyen des pourcentages de grains vidés avec de nombreux adultes marrons et noirs, de grains vidés tous les insectes étant partis; les observations de larves, de cocons et d'adultes de parasites sont également prévus sur cette fiche.

Le tableau 1 fournit l'essentiel du travail effectué sur les échantillons récoltés au Mt Tonkoui.

Il s'avère que la méthode sélective est préférable pour obtenir du matériel scolyté. Ces récoltes montrent aussi la très faible attaque du scolyte au Mont Tonkoui, sauf peut être sur les caféiers hexaploïdes de la parcelle TK 12 et quelques pieds d'Arabusta de la parcelle TK 17. Ces deux parcelles seront retenues par la suite dans le dispositif de piégeage.

Le très faible taux d'attaque du scolyte sur la grande majorité des caféiers du Mt Tonkoui est sans doute plus à attribuer aux récoltes sanitaires rigoureuses qui y sont effectuées chaque année qu'à une action efficace des parasites ou aux conditions abiotiques de l'altitude. La cause des attaques plus conséquentes sur certaines zones seulement des parcelles TK 12 et TK 17 n'a pas été élucidée. Elle est sans doute liée à la plante (hybrides attirant plus les femelles du scolyte).

Ces sondages montrent que l'observation de Ticheler est exacte : le principal facteur de mortalité du scolyte dans une plantation bien conduite est bien la récolte, complétée par une récolte sanitaire qui élimine toute source de nourriture pour les populations résiduelles du scolyte.

Recherche des parasites sur la station de plaine

Les collections et champs d'essais ORSTOM s'étendent sur 15 hectares en plaine, à proximité de la Station. On y distigue trois zones : "Cacaoyers", "Lambert" et "Duékué" (voir les figures). 50% des surfaces sont réservés au programme haploïdes doublés et hybrides F1 dans les différents groupes de *C. ca-*

nephora (congolais et guinéen), afin d'observer leur résistance aux maladies et leur fertilité par rapport aux clones existants. Les espèces de *Coffea* cultivées en plaine étant plus tardives, surtout *C. canephora*, les récoltes venaient de débiter, la grande majorité des cerises étant rouges.

Le 17.11.92, dix manoeuvres ont effectué des récoltes sélectives sur 7 parcelles dans les trois zones précitées. Ces parcelles ne sont pas ombragées ; néanmoins, les cerises récoltées en bordures de parcelle, plus ensoleillées, ont été séparées de celles récoltées à l'intérieur des parcelles, à l'ombre du caféier lui-même, de façon à tenir compte du comportement héliophile des parasites. Les cerises ont été placées en boîtes étanches pourvues d'un grillage très fin. L'eau de condensation des cerises était absorbée par des feuilles de papier recouvrant le fond et les parois des boîtes et était essuyée sur ces parois chaque matin.

Les observations journalières d'une cinquantaine de boîtes emplies de cerises scolytées (plusieurs milliers de cerises vertes, oranges, rouges et noires), comme les dissections de grains scolytés, n'ont pas permis de déceler la présence du moindre parasite sur ces premières récoltes. Pourtant, une autre récolte sélective de 44 000 cerises rouges effectuée le 6.12.92 sur la parcelle D3 a montré qu'environ 23 % des cerises rouges de cette parcelle étaient alors scolytées. Mais les dissections des grains scolytés ont révélé que les populations de scolytes y étaient encore trop jeunes pour un développement conséquent de *Cephalonomia stephanoderis*.

Infestations artificielles de cerises et de graines

Toutes les cerises scolytées récoltées ont néanmoins servi à obtenir des scolytes adultes nécessaires aux infestations artificielles de cerises désinfectées pour les expéditions. Dans ce but, des cerises rouges et saines de bonne taille sont placées au congélateur pendant 24 heures, puis elles sont trempées 24 heures dans l'eau javellisée à 4 %, rincées pendant 24 heures puis mises à sécher sur claies. La même désinfection est effectuée sur des grains sains. Chaque cerise ou grain est ensuite mis en présence de deux scolytes femelles adultes dans un tube fermé. 48 heures plus tard les cerises ou grains infestés sont placés ensemble dans une boîte et constituent ainsi des lots d'infestation s'étalant sur une semaine. Les lots arrivés à un stade favorable (oeufs, nymphes et adultes du scolyte) ont servi à maintenir en vie les adultes de Béthylides et leur progéniture expédiés par la poste. Plusieurs milliers de cerises et grains ont ainsi été traités et ont été suivis au laboratoire sous la forme de cohortes représentant chacune une semaine d'infestation.

Mise en place d'un dispositif de piégeage des parasites

Dés la fin novembre, il s'est avéré qu'il était illusoire d'espérer un parasitisme conséquent sur des populations trop jeunes de scolytes, en début de gradation, d'autant plus que les récoltes allaient intervenir pour réduire les populations-hôtes et que le cycle de développement des Béthylides s'étale sur un mois environ.

Une vingtaine de biotopes ont alors été choisis depuis le Mont Tonkoui jusqu'au village de Gbépleu (voir la carte), situé à 30km de la Station OR-STOM. Dans cette localité nous avons pu trouver une vieille plantation aban-

donnée, c'est à dire qu'aucune récolte n'a eu lieu en 1991 et aucune récolte ne sera faite en 1992-93. Ce cas est exceptionnel, le paysan ivoirien récoltant l'essentiel des cerises de café de sa plantation, malgré le prix dérisoire maintenant retenu en Côte d'Ivoire pour le kilo de café vert (75 F CFA). Pour les autres biotopes (villages de Zélé, Kassiapleu et Vehsingo), il fut négocié avec le petit planteur (contre une machette) de laisser sur pied la récolte de dix à vingt arbres. De même, sur la piste du Mont Tonkoui deux plantations villageoises ont été retenues aux altitudes de 900 m et 500 m. Sur les trois zones de la Station ORSTOM de plaine E. COUTURON a accepté de ne pas récolter 419 arbres au total et 150 arbres environ sur deux parties des parcelles TK 12 et TK 17 du Mt Tonkoui (voir les tableaux et les figures correspondants). Ces zones à ne pas récolter ont été délimitées au moyen de lanières de plastique accrochées aux arbres de bordure.

En outre, 27 tamis (cadre de bois de 33x33x5 cm muni d'une grille de 5 mm de maille) ont été confectionnés par un artisan local. Ces tamis, chacun étant empli de plusieurs centaines de cerises scolytées, ont été suspendus au centre de chaque emplacement choisi, afin de surinfester les cerises laissées sur les arbres environnants. Par la suite, les arbres proches de chaque tamis ont reçu environ 230 cerises scolytées épanchées au pied de chacun d'eux (une mesure). D'autres mesures ont été ajoutées par la suite. Le tableau 2 et la figure 1 : "Région de Man. Emplacement des biotopes-pièges" donnent l'essentiel des informations concernant ces infestations artificielles.

Surveillance des biotopes

Durant un mois deux ouvriers temporaires sélectionnés ont été initiés aux techniques ci-dessus. Sous la loupe binoculaire, ils ont appréhendé le cycle du scolyte. Le parasite adulte C. stephanoderis leur a été montré en alcool. Ce sont eux qui ont été chargés - sous la supervision de E. COUTURON - de récolter le plus possible de cerises scolytées dans les parcelles avant la fin des récoltes, de surveiller les biotopes d'infestation, d'approvisionner les tamis en cerises scolytées fraîches et d'infester le dessous des arbres retenus avec des cerises scolytées épanchées à la volée. Au laboratoire, ils ont eu à surveiller les boîtes de sortie des scolytes adultes, à récolter ces derniers et à infester isolément ou en vrac les cerises et les grains préparés à cet effet. Ces infestations furent notées sur fiche. Une fiche a aussi permis de suivre l'état des cohortes ainsi obtenues, après observations de grains sous la loupe binoculaire.

Sur le terrain, 50 cerises sèches ont été prélevées sur les arbres autour de chaque tamis, à intervalles réguliers, de façon à rechercher sous la loupe les premiers indices de Béthylides (cocons, adultes ou larve parasite sur nymphes de scolyte). Le matériel spécialisé nécessaire a été fourni : scalpels, pinces etc..

Des instructions précises ont été données pour effectuer les expéditions, lorsque les parasites furent repérés (nourrissage, utilisation des cerises et grains désinfectés et infestés artificiellement).

Pour les expéditions, 30 boîtes en bois capitonnées de polystyrène, pouvant contenir jusqu'à 2000 cerises sèches, ont été confectionnées par un artisan local. Le papier d'emballage, ficelle, coton, étiquettes avec adresse, scotch etc ... ont été fournis. Les formulaires d'expédition ont été remplis à la

poste de Man à titre expérimental, avec l'application des tarifs, lors de 3 expéditions de cerises scolytées (un colis sur Montpellier, deux sur Nouméa).

Les équipes de récolteurs de la Station ORSTOM savaient quels étaient les caféiers et parcelles à ne pas récolter (plaine et Mt Tonkoui), afin que les cerises laissées intentionnellement sur les arbres permettent le développement de populations importantes de parasites.

Remerciements

Nous remercions E. COUTURON qui a accepté de gérer sur place, dans le cadre de sa Station, les crédits mis à notre disposition sur le Centre d'Abidjan, ainsi que le personnel temporaire que nous avons utilisé (une centaine de journées/manoeuvres) et celui qui a continué pendant plusieurs mois le travail demandé; il nous a fourni les locaux, une loupe, des boîtes plastique et un véhicule durant la première semaine de notre séjour ou lorsqu'il nous a fallu monter au Mont Tonkoui. Durant les trois dernières semaines, c'est le Centre ORSTOM de Bouaké qui a mis une 404 bâchée à notre disposition; nous en remercions son Directeur F. RIVIERE. Nous avons récupéré des boîtes plastique à l'Institut des Savanes de Bouaké, auprès de N. N'GUESSAN (Plantes Vivrières) et de B. VASSAL (Plantes Textiles).

LUTTE BIOLOGIQUE AU MOYEN D'INSECTES ENTOMOPHAGES

L'aide des Provinces Nord et Sud de Nouvelle-Calédonie nous ayant permis d'aller rechercher *C. stephanoderis* en Côte d'Ivoire, où deux techniciens africains avaient été rapidement formés aux observations et élevages nécessaires, les premiers parasites sont arrivés de Man par la poste à Nouméa au début de l'année 1993, sous l'étroite surveillance du Service phytosanitaire.

Le parasite

Cephalonomia stephanoderis est une petite guêpe noire, munie de deux paires d'ailes, mais qui ne vole guère. Longue de moins de deux millimètres, elle s'introduit, pour y rechercher son hôte, dans les galeries creusées par le scolyte dans le grain de café. Elle pond sur les larves et les nymphes du scolyte, dévore ses oeufs, ses jeunes larves et tue même le scolyte adulte. De l'oeuf déposé par la guêpe sur une nymphe du scolyte éclot une petite larve de guêpe qui, fixée sur sa nymphe-hôte, en aspire l'hémolymphe jusqu'à la tuer. Ensuite elle se métamorphose dans un cocon en une nouvelle guêpe. Dès son éclosion, elle s'accouple puis repart à la recherche du scolyte dans les cerises infestées.

Par exemple, dans le centre de la Côte d'Ivoire, sur une plantation de 500 hectares (Tombokro) aucun traitement chimique n'est actuellement dirigé contre le scolyte des baies du caféier, car toutes les cerises sont récoltées en plusieurs passages au fur et à mesure de leur maturation. A l'usine proche, qui traite 60 000 tonnes de cerises par campagne, seulement 2% des grains sont scolytés, soit environ 4% des cerises. Les mêmes chiffres sont avancés à l'usine Unicafé qui traite toute la production de l'ouest de la Côte d'Ivoire (région de Man). En Nouvelle-Calédonie par contre, il n'est pas rare d'observer les cerises de plantations, même traitées à l'endosulfan, scolytées à 50%,

parfois jusqu'à 90%.

L'adaptation du parasite à un nouveau milieu

Les premiers spécimens de *Cephalonomia stephanoderis* ont été lâchés en avril-mai 1993 sur une plantation de caféiers "Catimor" proche de Nouméa (La Coulée), qui a ainsi servi de "pied de cuve" à proximité du laboratoire ORSTOM. Une seconde vague a été libérée dans neuf caféières de la côte Est, entre Houailou et la Tanghène, de juillet à septembre 1993.

Le caféier est en Nouvelle-Calédonie à la limite de sa zone de distribution... et le scolyte aussi. Surtout dans les vallées de la chaîne centrale, les températures nocturnes de saison fraîche ou sèche descendent vraiment très bas (bien en dessous de 10°C) pour une plante et un insecte africains plutôt adaptées à des températures équatoriales. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle on trouve en Nouvelle-Calédonie jusqu'au niveau de la mer l'*Arabica* en mélange avec le *Robusta*. En Afrique, l'*Arabica* ne se trouve qu'en altitude, sur les hauts plateaux. Le scolyte a su s'adapter à ces conditions particulières, mais son ennemi naturel, lui, est adaptée depuis des milliers de générations en Côte d'Ivoire à des températures moyennes bien plus chaudes que celles qu'elle doit affronter dès maintenant en Nouvelle-Calédonie. C'est pourquoi nous ignorons encore si *C. stephanoderis* va bien s'adapter, comme le scolyte, au climat calédonien, se multiplier beaucoup et devenir ainsi efficace. Les dissections de cerises au laboratoire qui ont suivi depuis la mi-novembre 1993 les premiers échantillonnages effectués dans neuf plantations de la côte Est peu ou pas du tout traitées à l'endosulfan et que des petits planteurs coopératifs ont accepté de voir promues terrains d'expérimentation, nous montrent que le parasite a survécu à une première saison sèche. Des guêpes vivantes sont observées à la mi-novembre 1993 dans des cerises provenant de Kokengone, d'Ometteux, de Touho (plantation traitée depuis à l'endosulfan) et de Monéo. Mais ces guêpes n'étaient-elles pas des survivantes de celles lâchées deux mois auparavant? Néanmoins, on en retrouve en janvier 1994 à Névaho (vallée de la Tchamba), à Nékoué, à nouveau à Ometteux, en compagnie de cocons vides cette fois, ce qui prouve que la guêpe s'est reproduite en saison sèche et chaude dans les conditions naturelles néo-calédoniennes. Pour le moment on ne peut encore avancer que le parasite est définitivement établi en Nouvelle-Calédonie, compte tenu de l'introduction trop récente de l'espèce qui doit encore affronter de nombreuses saisons fraîches, mais aussi, en certaines caféries, la redoutable "fourmi électrique" (*Wasmannia auropunctata*).

LUTTE BIOLOGIQUE AU MOYEN DU CHAMPIGNON ENTOMO-PATHOGENE BEAUVERIA BASSIANA.

***Beauveria bassiana* sur *Hypothenemus hampei* dans le monde et en Nouvelle-Calédonie.**

Le champignon est répandu partout dans le monde sur le scolyte du grain de café. La présence de *Beauveria* sur cet insecte séminivore a fait l'objet d'observations originales dès le début du siècle à Java. Sladden (1934) note que la mycose y est fréquente sur des scolytes adultes installés dans des fruits de branches ombragées, surtout pendant la saison des pluies. Des essais d'utilisation du champignon y furent tentés : poudrage des fruits avec les conidiospores du champignon, aspersion des fruits au moyen d'une solution aqueuse de spores, lâcher de scolytes sur une culture du champignon avant leur libéra-

tion en plantation... Mais la propagation de la maladie à partir d'un point d'infestation fut décevante. Les conditions de l'environnement favorisant *B. bassiana* ont été souvent discutées (Walstad et al., 1970; Fargues, 1972). En Côte d'Ivoire, parfois jusqu'à 26% des cerises attaquées présentent la mycose (Ticheler, 1961). Barrera et al. (1990) discutent la possibilité de trouver une formulation d'un insecticide fongique utilisant une souche très virulente. Moore et Prior (1988) rappellent que les techniques d'application du champignon au champ doivent être recherchées, la plus forte dose létale n'étant pas forcément la meilleure si l'on veut largement disséminer la maladie. Waterhouse et Norris (1981) rapportent que depuis 1922 *Beauveria* est observé sur le scolyte en de nombreux pays : Java, Brésil, divers pays africains, Jamaïque; il faut ajouter à cette liste plusieurs pays d'Amérique centrale (Murphy, 1990) et bien sûr la Nouvelle-Calédonie. Klein Koch (1989) note qu'en Equateur la mycose à *Beauveria* est actuellement l'ennemi naturel le plus important du scolyte et que la mise au point d'une préparation fongique utilisant une souche virulente est envisagée. Murphy et Moore (1990) discutent des conditions de la production de *B. bassiana* en pays en voie de développement, de sa formulation et de son utilisation au champ. Un programme important de lutte biologique intégrant ce champignon débute actuellement en Colombie.

On considère en général que *Beauveria* peut exercer naturellement une action répressive sur les populations du scolyte dans des conditions très humides et chaudes. Ce n'est pas le cas en Nouvelle-Calédonie pour la souche concernée. Si nous avons souvent observé la mycose en conditions d'humidité importante, le facteur température, par contre, est plus aléatoire. En effet il n'est pas rare d'observer la mycose durant la saison fraîche en vallées de montagne (Névaho, Sarraméa), où les températures nocturnes descendent couramment au dessous de 10°C, les caféières étant alors enveloppées d'épais brouillards matinaux.

Depuis son arrivée en Nouvelle-Calédonie en 1948 *Hypothenemus hampei* a rencontré cet autre ennemi qui vraisemblablement se trouvait déjà sur place à l'état endémique sur des scolytides ou autres coléoptères endémiques. Les conidiospores de ce champignon germent au contact de l'insecte en sécrétant une chitinase, ce qui permet au mycélium du parasite de pénétrer à l'intérieur de l'hôte et de le momifier dans la cerise. *B. bassiana* peut tuer le scolyte en l'espace de 5 jours.

La mycose à *Beauveria bassiana*, que nous observions déjà communément en Nouvelle-Calédonie en 1965 sur un insecte exotique tel que le scolyte du grain de café, provient en effet très probablement d'autres coléoptères endémiques néo-calédoniens et non de l'aire d'origine africaine du scolyte. Etudiée par Bridgeman et al. (1990), une souche néo-calédonienne de *Beauveria* se distingue fortement de 15 autres souches provenant de 9 autres pays répartis sur 3 continents: Afrique (Togo, Kenya), Asie (Indonésie, Sri Lanka) et Amérique (Brésil, Mexique, Equateur, Guatemala, Jamaïque). Les bandes obtenues à l'électrophorèse pour les 16 souches et 4 systèmes enzymatiques sont semblables, sauf pour trois souches dont celle provenant de Nouvelle-Calédonie. Cette dernière est la seule à montrer une activité avec le révélateur de la phosphatase alcaline et produit de façon très significative toutes les enzymes importantes sauf la catalase, en particulier une chitinase associée avec la virulence du champignon vis à vis de l'insecte et une lipase corrélée avec une forte sporulation. Les 13 autres souches sont très voisines les unes des autres et forment ainsi un groupe homogène permettant de les considérer issues d'une même population essaimée de par le monde avec *H. hampei*.

Nous avons observé en Nouvelle-Calédonie plusieurs isolats de *Beauveria bassiana* très agressifs et virulents. Ils sont étudiés afin de caractériser un isolat particulièrement virulent qui pourrait être utilisée au champ (Cocheureau et al., 1994). Sa production de masse semi-industrielle est à l'étude, en liaison avec le laboratoire de Phytopathologie de l'ORSTOM à Nouméa. Notre but est de multiplier cet isolat selon des méthodes déjà éprouvée (Samsinakova et al., 1981), parfois semi-artisanales (Fargues et al., 1979; Goettel, 1984; Thomas et al., 1986), puis d'étudier sa formulation (Prior et Jollands, 1988) et de l'utiliser au champ dans un programme de lutte intégrée contre le scolyte au niveau du planteur (Hussey et Tinsley, 1981). Les études se poursuivent sur diverses souches conservées en mycothèque.

BIBLIOGRAPHIE

- BRIDGE P. D., ABRAHAM Y. J., CORNISH M. C., PRIOR C. and MOORE D., 1990. The chemotaxonomy of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) isolates from the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Mycopathologia* 111: 85-90.
- BRUN L.-O., GAUDICHON V. et COCHEREAU P., 1994. Technique for individual rearing of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera : Scolytidae). *J. Austr. Ent. Soc.* (sous presse).
- BUGNICOURT (F.), 1950. Le "Scolyte du grain de café" en Nouvelle-Calédonie. *Rev. Agric. de Nouvelle-Calédonie*, n° 1-2, janvier-février, pp.3-4.
- COCHEREAU P., 1965. Observations sur le scolyte du grain de café en Nouvelle Calédonie : prélèvements effectués en différentes caféières, début février 1965. ORSTOM, Centre de Nouméa, Laboratoire d'Entomologie agricole, 8 p., 4 tabl.
- COCHEREAU P. et al., 1994. Evaluation de la virulence d'une souche néocalédonienne de *Beauveria bassiana* vis à vis du scolyte de la baie du caféier *Stephanoderes hampei* Ferrari (Coleoptera, Scolytidae). *Entomophaga*, 3 figs., 4 tabl., 17 p. soumis à publication.
- COHIC F., 1958. Le "Scolyte du grain de café" en Nouvelle-Calédonie. *Café, Cacao, Thé*, 2(1) : 10-14.
- DECAZY B., 1988. Le scolyte du fruit du caféier, *Hypothenemus hampei* Ferr. : considérations sur la lutte intégrée contre ce ravageur. Rapport non publié, IFCC Paris, 10 p.
- FARGUES J., ROBERT P. H. et REISINGER O., 1979. Formulation des productions de masse de l'hyphomycète entomopathogène *Beauveria* en vue des applications phytosanitaires. *Ann. Zool. Ecol. anim.* 11 (2) : 247-57.
- GOETTEL M. S., 1984. A simple method for mass culturing entomopathogenic Hyphomycete fungi. *J. of Microbiol. Methods* 3 : 15-20.
- HUSSEY N. W. and TINSLEY T. W., 1981. Impressions of insect pathology in the People's Republic of China, chapter 42: 786-795. *in* Microbial control of pests

and plant diseases, 1970-80. H. D. Burges (Ed.), London, Academic Press.

KLEIN KOCH C., 1989. Perspectivas en el control biotecnologico de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) ASIC, 13ème Colloque, Paipa, pp. 717-25.

LAVABRE (E.), 1966. Le problème du Scolyte du grain de café en Nouvelle-Calédonie. in: CAMBRONY (H.) et LAVABRE (E.): La caféiculture sur la côte est de Nouvelle-Calédonie, rapport de mission non publié, nov.-déc. 1966, 34 p., IFCC, Paris.

MOORE D. and PRIOR C., 1988. Present status of biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. Brighton Crop Protection Conference 9C-1 - Pests and Diseases pp. 1119-24.

MURPHY S. T. and MOORE D., 1990. Biological control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera, Scolytidae) : previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News and Information* 11 (2) : 107-17.

PRIOR C., JOLLANDS P. and LE PATOUREL G., 1988. Infectivity of oil water formulations of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina : Hyphomycetes) to the cocoa weevil *Pantorhytes plutus* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 52: 66-72.

SAMSINAKOVA A., KALALOVA S., VLCEK V. and KYBAL J., 1981. Mass production of *Beauveria bassiana* for regulation of *Leptinotarsa decemlineata* populations. *J. Invert. Path.* 38: 169-174.

SLADDEN G.-E., 1934. Le *Stephanoderes hampei* Ferr. *Bull. agr. Congo belge* 25 (1) : 26-77.

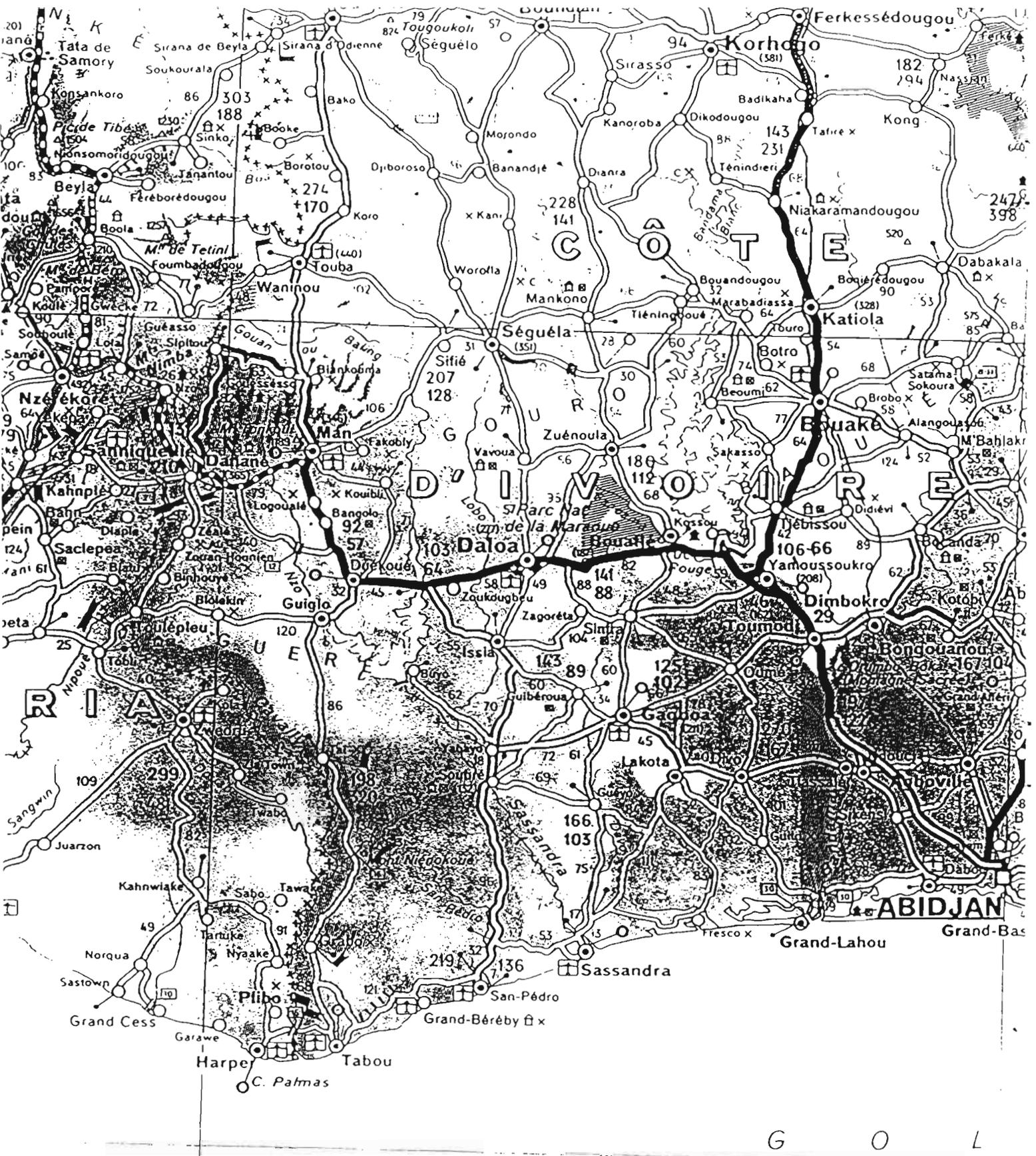
TICHELER J. H. G., 1961. Etude analytique de l'épidémiologie du scolyte des graines de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., en Côte d'Ivoire. *Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen* 61 (11) : 1-49. H. Veenman & Zonen N. V., Wageningen.

WALSTAD J. D., ANDERSON R.F. and STAMBAUGH W. J. 1970. Effects of environmental conditions on two species of muscardine fungi (*Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*). *J. Invert. Path.* 16 : 221-26.

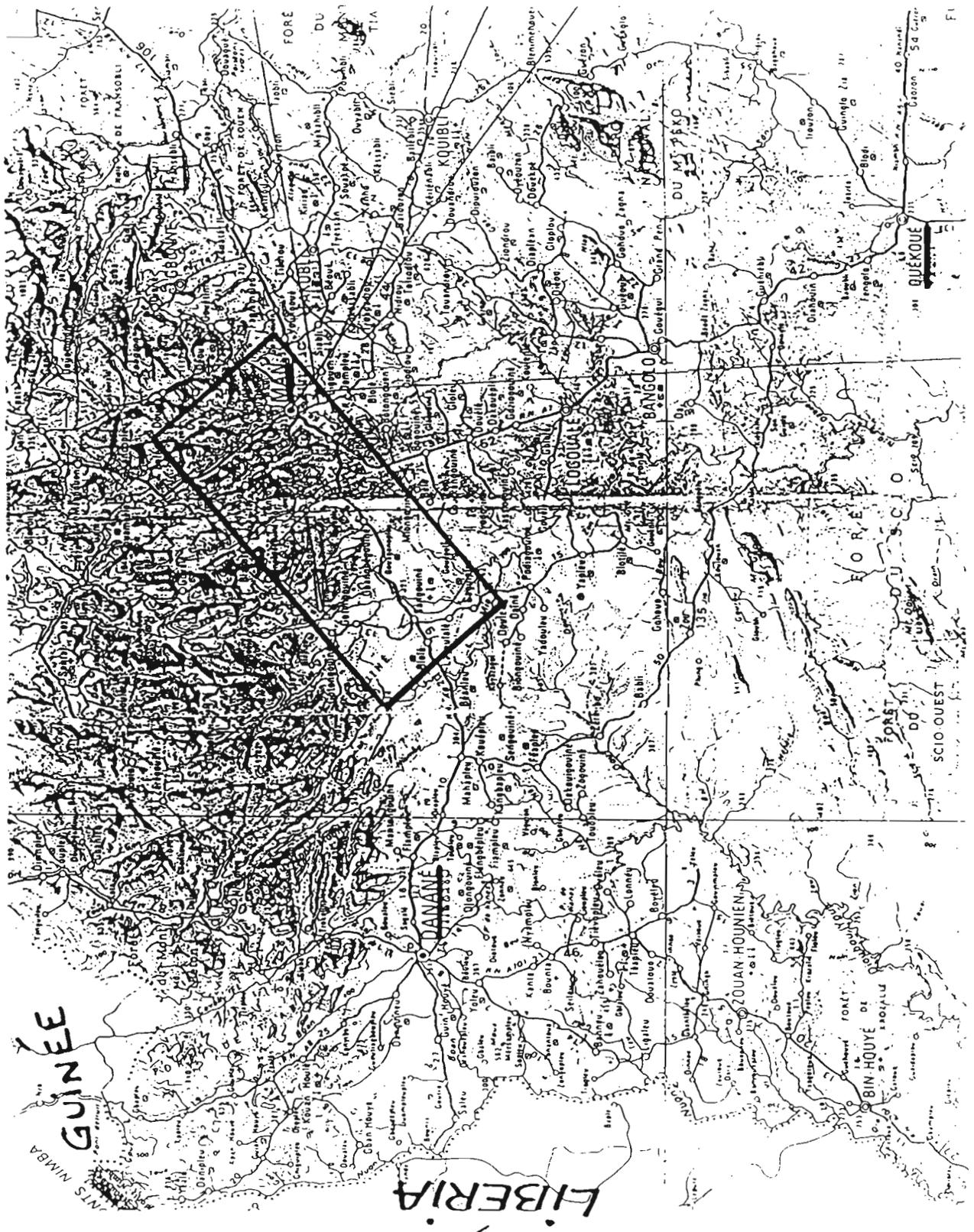
WATHERHOUSE D. G. and NORRIS K. R., 1991. Biological Control. Pacific Prospects. 6 - *Hypothenemus hampei* (Ferrari) Coleoptera : Scolytidae, coffee berry borer, pp 57-75. Inkata Press, Melbourne, 454 p.

ANNEXES II

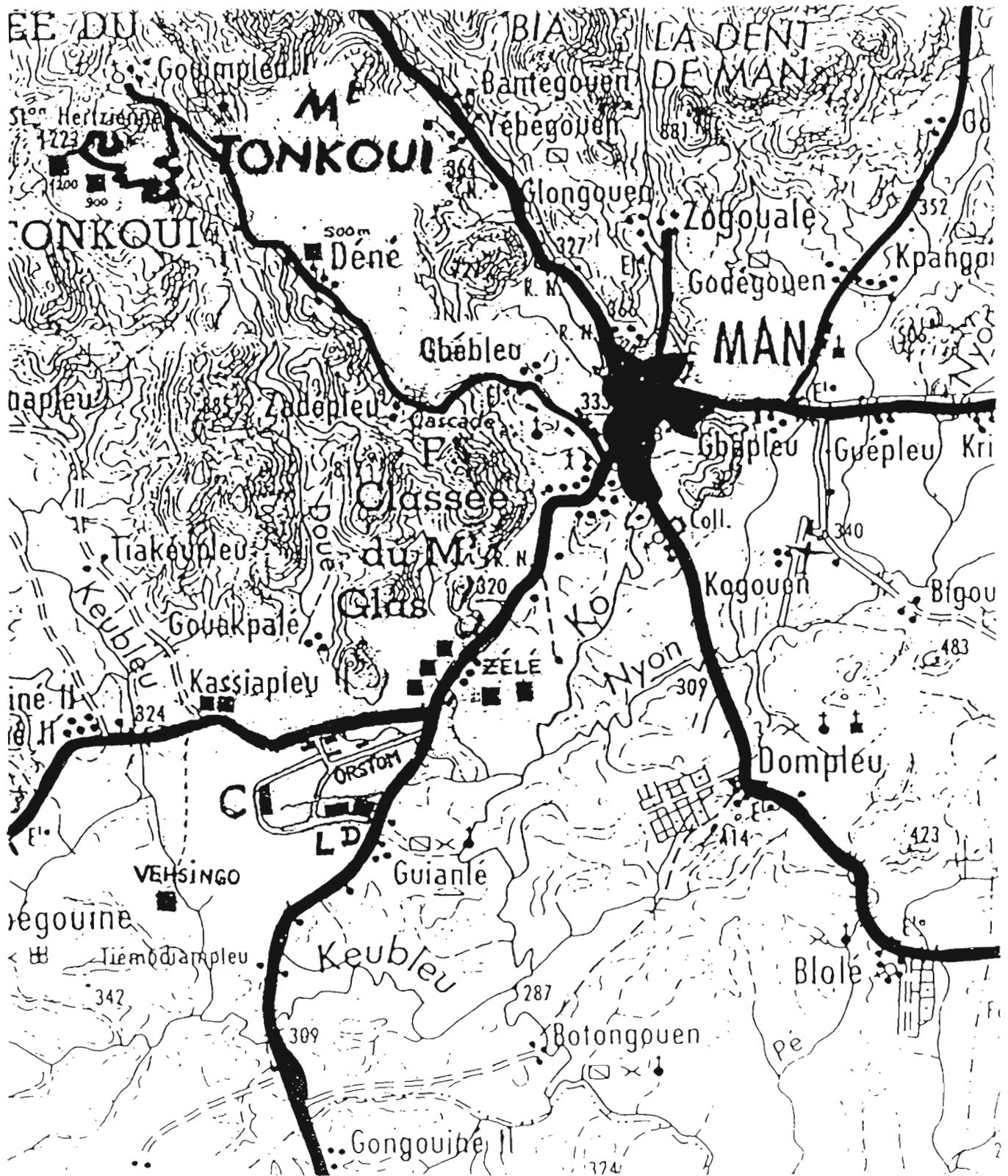
(Cartes, Tableaux et Figures)



Carte 1 : L'ouest de la Côte d'Ivoire.



Carte 2 : La région de Man - Danané.



Carte 3 : Le Mont Tonkoui et la Station ORSTOM.

Dates des récoltes :

- Samedi 14.11.92 Faux hybride (C. arabica X P. psilanthus) Manille H.
166 cerises rouges »» 0 scolytée

- Samedi 14.11.92 TK 09 collection arabica ORSTOM
226 cerises rouges »» 0 scolytée
198 " " »» 0 scolytée

- Mardi 17.11.92

RECOLTES "SANITAIRES"

N° Parcelle	<u>Cerises rouges</u>		<u>Cerises vertes</u>		<u>Grains de cerises rouges</u>	
	Somme	Scolytées	Somme	Scolytées	Somme	Scolytés
TK 05	3714	22				
TK 06					3989	45
TK 08			955	1	4184	4
TK 09	4614	1	1066	0		
TK 10			392	0	2838	42
TK 12	317	71				
TK 13			353	11	2253	47
TK 15			1110	1	2433	2
TK 16			167	9	2123	29

RECOLTES SELECTIVES

(cerises scolytées uniquement)

N° Parcelle	<u>Cerises vertes</u>		<u>Grains de cerises rouges</u>		<u>Grains de cerises vertes</u>	
	Somme	Scolytées	Somme	Scolytés	Somme	Scolytés
TK 12	400	348	992	456	539	286
TK 13			43	31		
TK 14			257	114		
TK 17	813	556	732	452		

Tableau 1 : Récoltes au Mont Tonkoui.

N° des tamis	Date de l'installation	Lieux	Noms des plantations	Nombre de cerises scolytées	Origine(s) des cerises Emplacement des tamis			
V1	5/12	VEHSINGO	Simplice		ORSTOM	parcelle	D3	récolte du 26/11
V2	5/12	VEHSINGO	"	600	"	"	"	" "
K1	27/11	KASSIAPLEU	Dely Mamadou	1300	plantation	Séa Kessé	Kassiapleu	récolte du 26/11
K2	5/12	KASSIAPLEU	"	2100	"	Sangaré B. + Sangaré K.	Zélé	" "
Z1	27/11	ZELE	Sangaré Kara.	#2700	"	Sangaré Karamoko	"	" "
Z2	27/11	ZELE	Goué Gilbert	#1800	"	Goué Gilbert	"	" "
Z3	9/12	ZELE	"	1100	"	Goué Gilbert + Séa Kessé	Kassiapleu	" "
Z4	28/11	ZELE	Sangaré Ibrah.	#2100	"	Sangaré K. + Sangaré B.	Zélé	" "
Z5	28/11	ZELE	Sangaré Bakary	#2100	"	"	"	" "
T1	30/11	Mt TONKOU (ORSTOM)	parcelle TK 17	#2500	ORSTOM	parcelles (L11 + L18 + D1 + D3)		récolte du 17/11
T2	30/11	Mt TONKOU (ORSTOM)	" TK 12	#2500	"	"	"	" "
T3	30/11	Mt TONKOU (ORSTOM)	" "	#2500	"	"	"	" "
T4	10/12	Mt TONKOU (900m)	" TK 900	2100	ORSTOM	parcelle	D3	" "
T5	10/12	Mt TONKOU (500m)	" TK 500	2100	ORSTOM	parcelle	D3	" "
G1	1/12	GBEPLEU (Sangouiné)	Kotoua Tiémoko	2350	"	parcelles (C6 + C0-CO1 + C43)		" "
G2								
L1	14/12	Station ORSTOM	parcelle Lambert L 06	#2000	"	parcelle D 3	récolte du 6/12	tamis entre arbres (14,15) et (14,16)
L2	14/12	"	" " L 18	#2000	"	" " "	" "	tamis sous arbre (9,15)
L3	14/12	"	" " L 11	#2000	"	" " "	" "	tamis sous arbre (11,1)
L4	14/12	"	" " L 11	#2000	"	" " "	" "	milieu de bordure sous arbre (7,10)
D1		"	parcelle Duékoué D 3	#2300	"	" " "	" "	tamis au milieu du carré de coin n°1
D2	14/12	"	" " "	#2000	"	" " "	" "	tamis au milieu du carré de coin n°2
D3	14/12	"	" " "	#2000	"	" " "	" "	tamis au milieu du carré de coin n°3
D4		"	" " "	#2300	"	" " "	" "	au milieu de la bordure proche de D3
C1	8/12	"	parc. Cacaoyer CO-CO1	# 750	"	" " "	" "	sous arbre (82,2)
C2	8/12	"	" " "	# 750	"	" " "	" "	sous arbre (15,2)
C3	8/12	"	" " "	# 750	"	" " "	" "	sous arbre (3,2)

Tableau 2 : Emplacements des TAMIS emplis de cerises scolytées.

PARCELLES	LIGNES	ARBRES
" CACAO " CO-CO1 C1 CO1-B1	13 à 23 (26 arbres) 80 à 84 (13 arbres) 1 à 5 (10 arbres)	1 , 2 , 3 1 , 2 , 3 1 , 2 , 3
" LAMBERT " L06 (6 arbres isolés) L11 (32 arbres) L18	12 14 14 14 18 19 9 à 12 7 TOUTE LA PARCELLE (252 arbres)	2 5 15 16 4 7 1 , 2 , 3 1 à 21 (bordure)
" DOUEKOUE " (80 arbres) D3	1 à 4 1 12 à 15 15	1 , 2 , 3 , 4 (coin) 30 , 31 , 32 , 33 (coin) 5 à 29 (bordure) 30 , 31 , 32 , 33 (coin) 6 à 18 (bordure)

Tableau 3 : Caféiers non récoltés (419 arbres)
sur la station ORSTOM de plaine.

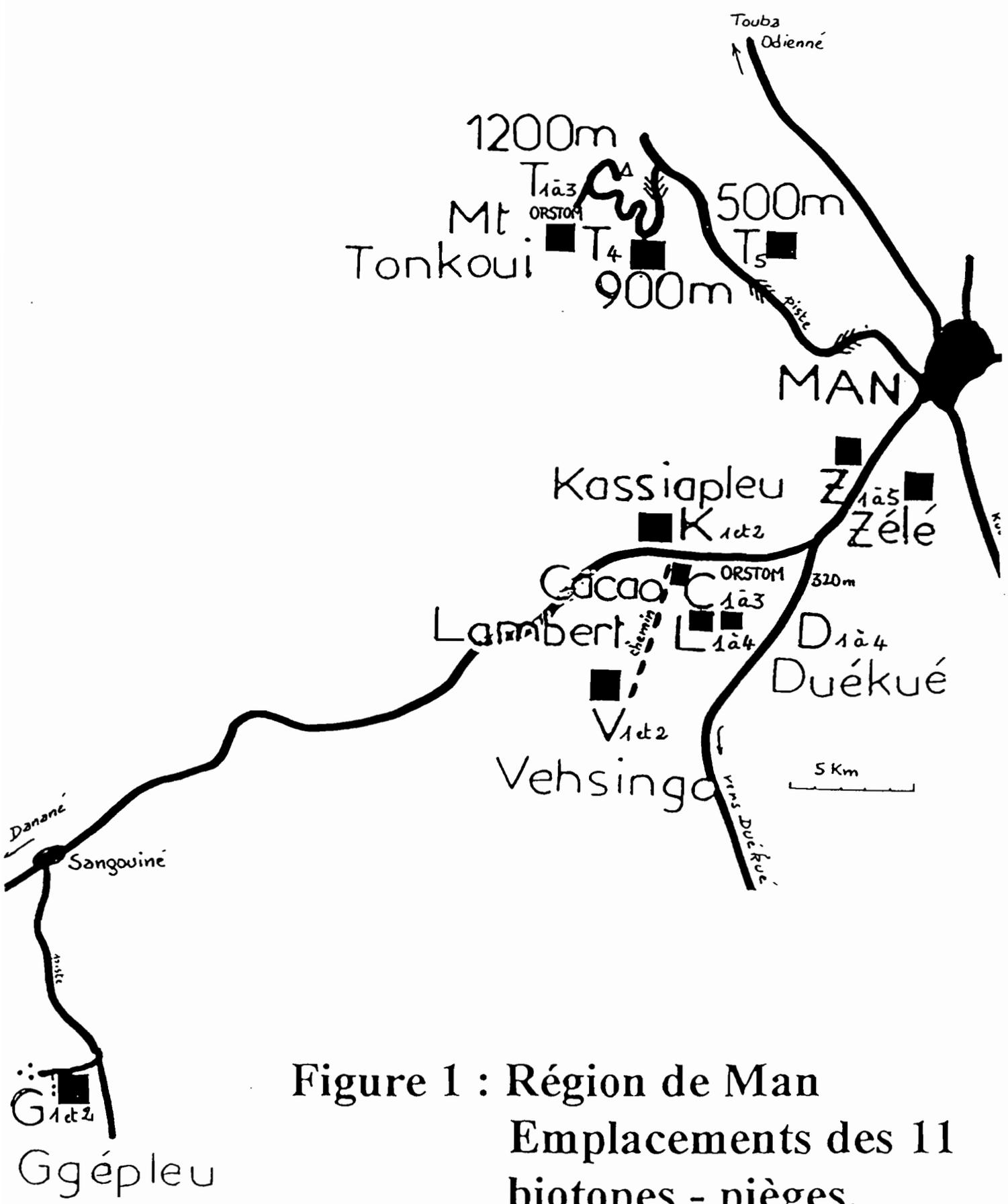


Figure 1 : Région de Man
Emplacements des 11 biotopes - pièges.

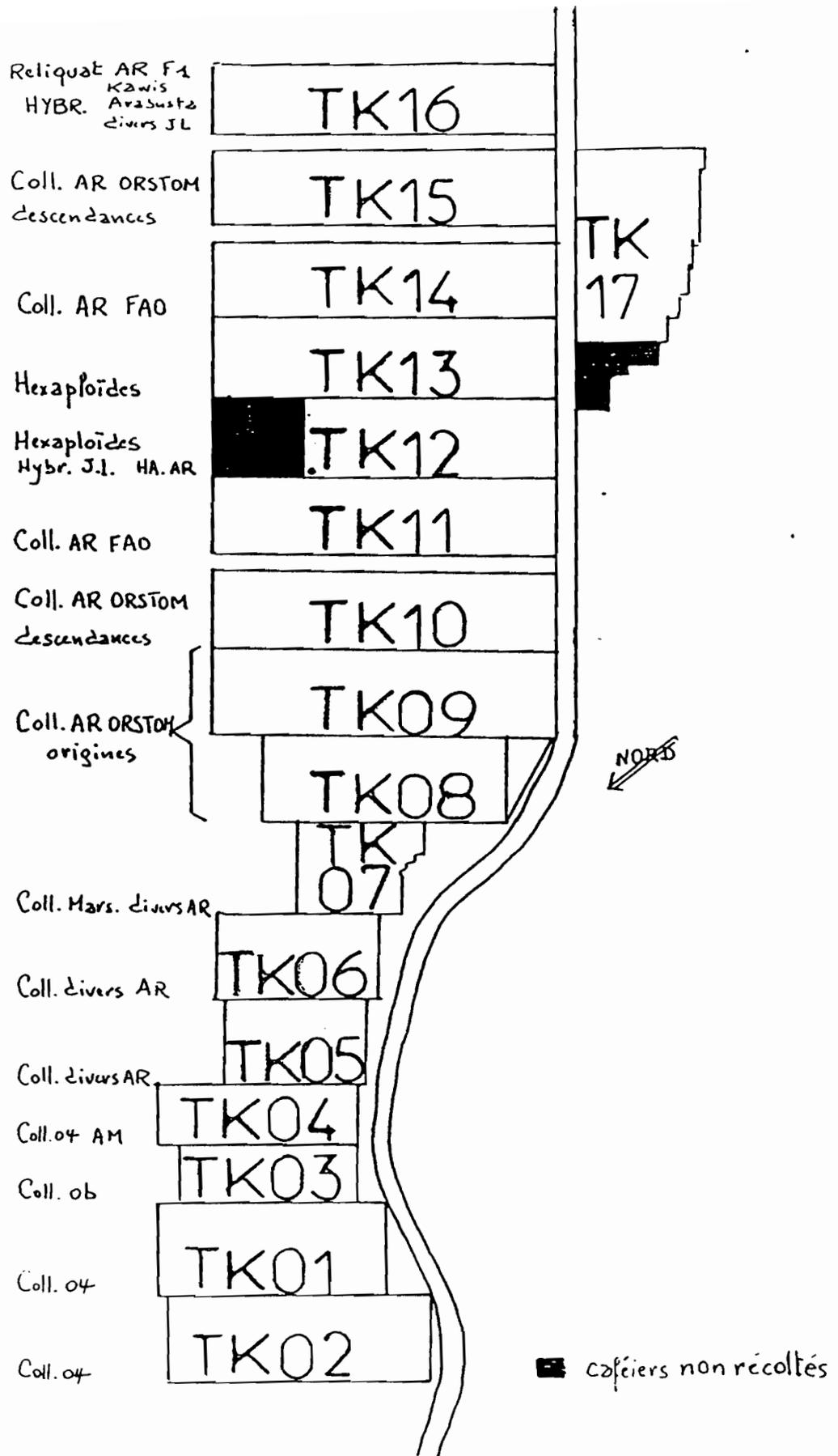
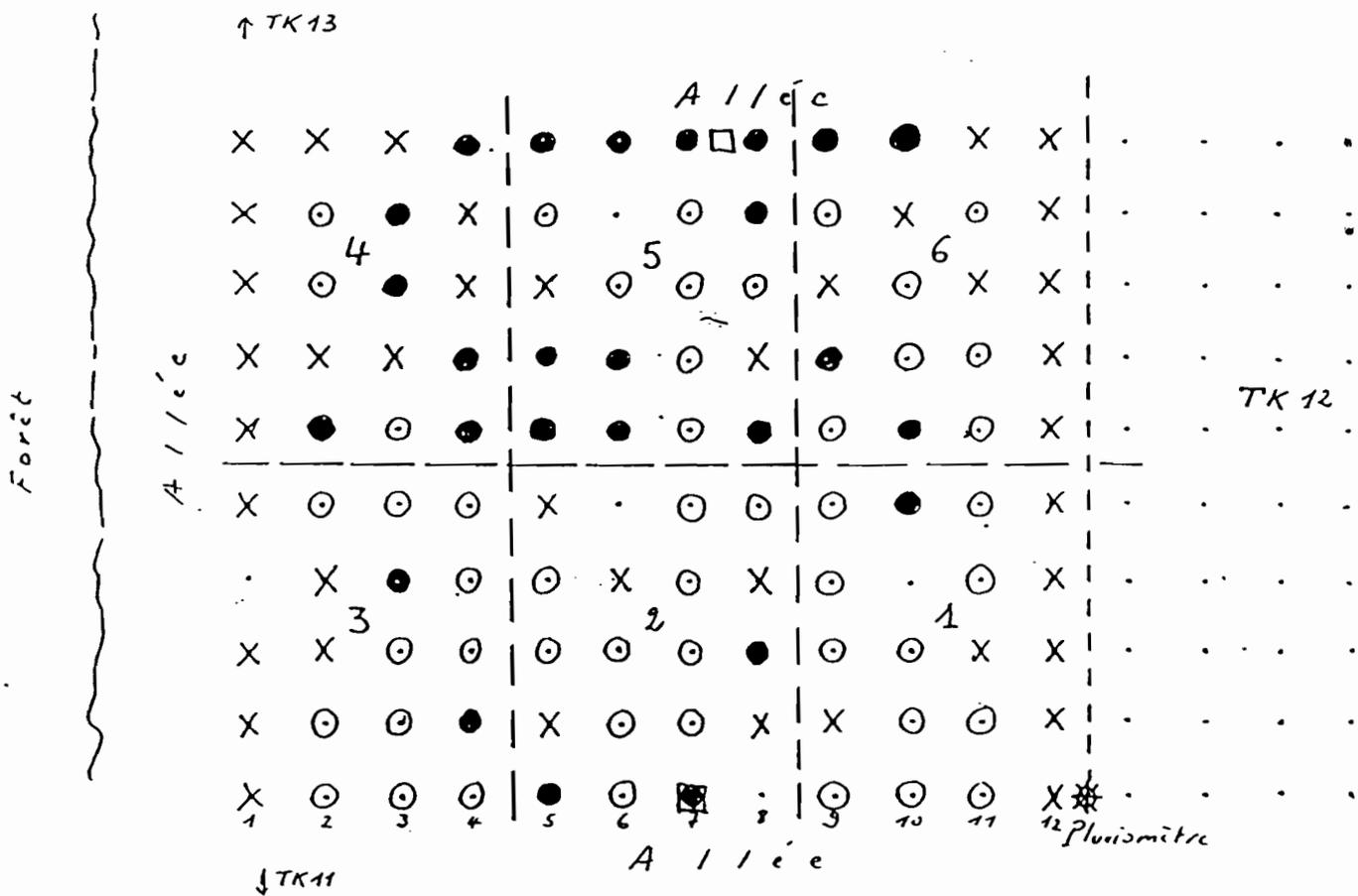


Figure 2 : MONT TONKOUÏ (1200m)
PLAN DES PARCELLES.

Parcelle 12 (TK 12)



Parcelle 17 (TK 17)

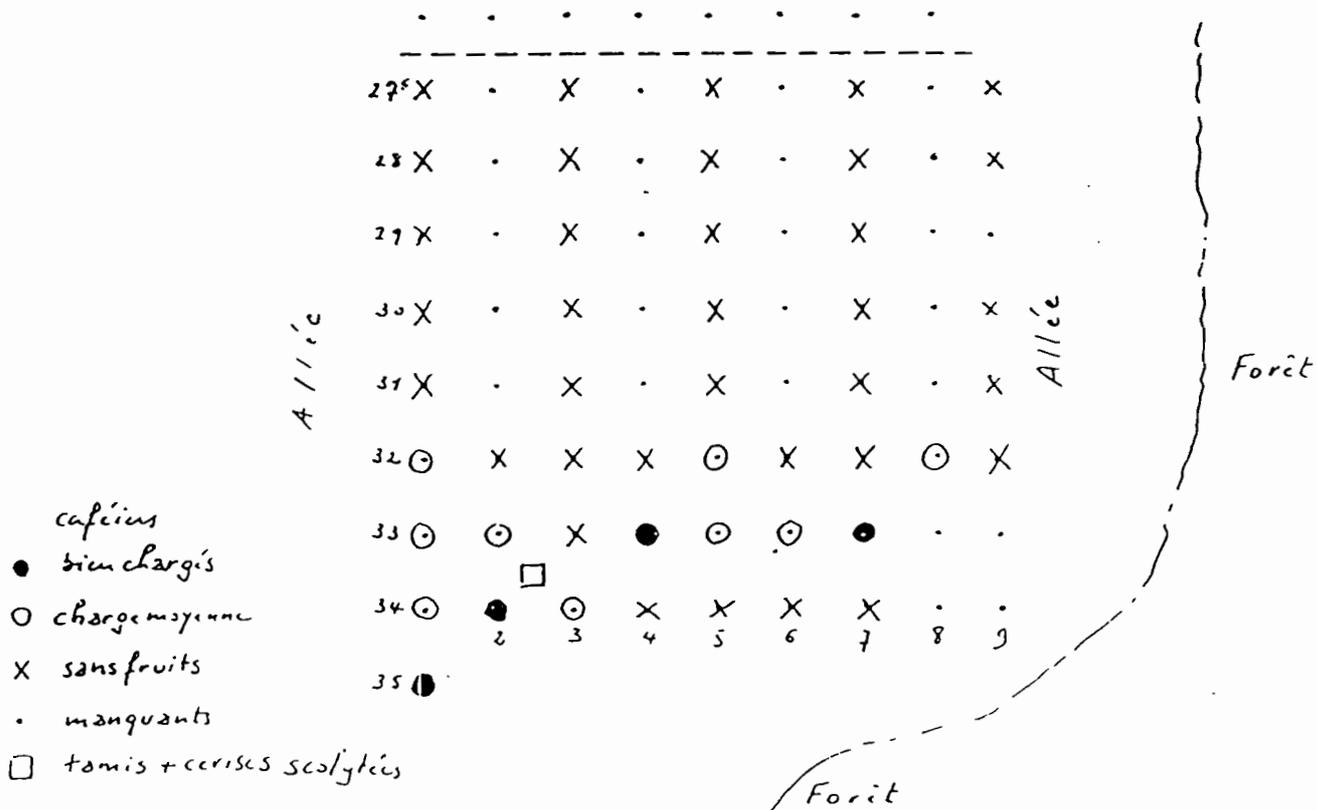
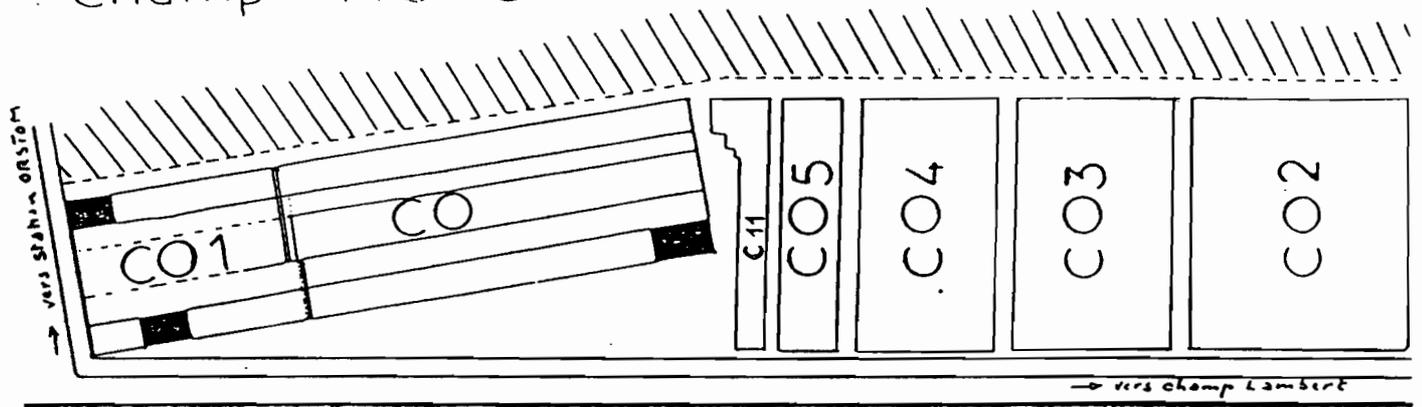
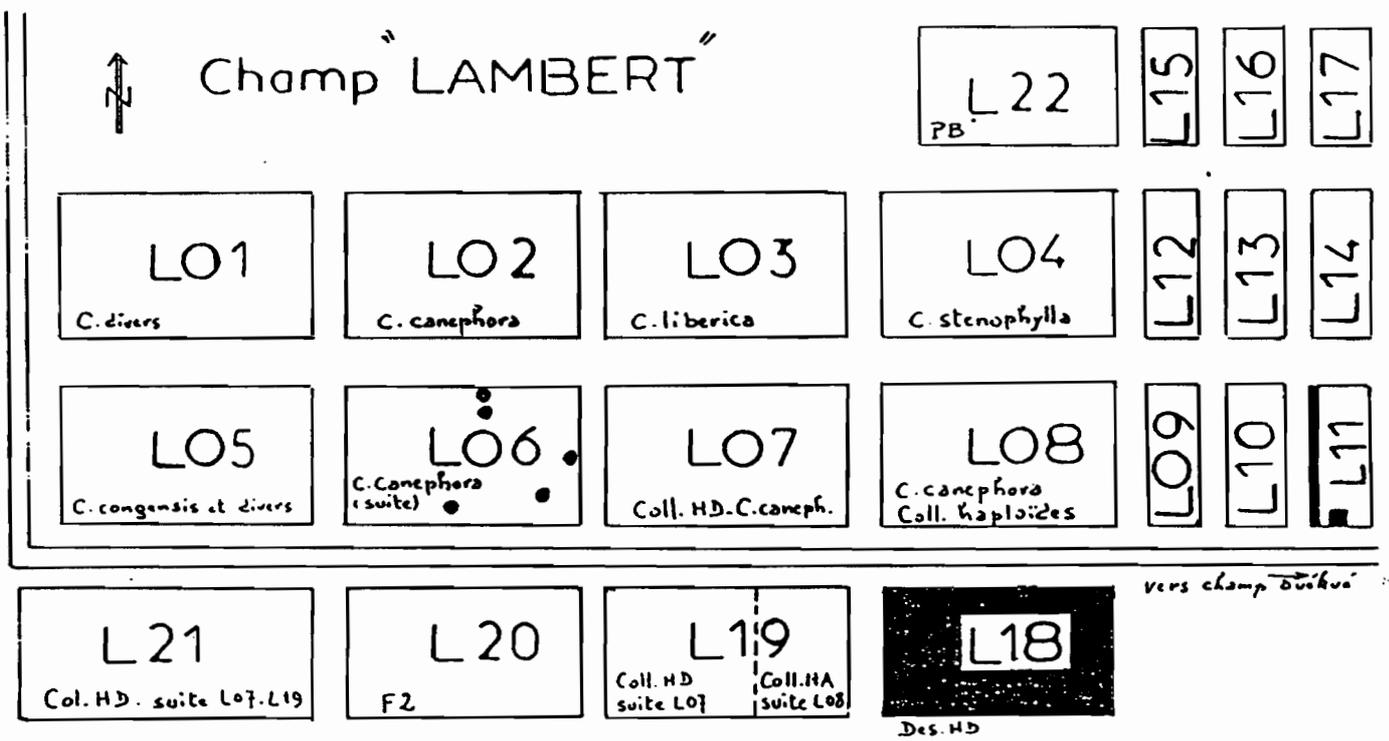


Figure 3 : MONT TONKOU (1200m)
PARCELLES 12 ET 17.

Champ "CACAO"



Champ "LAMBERT"



Champ "DUÉKUÉ"

■ ZONES NON RECOLTEES

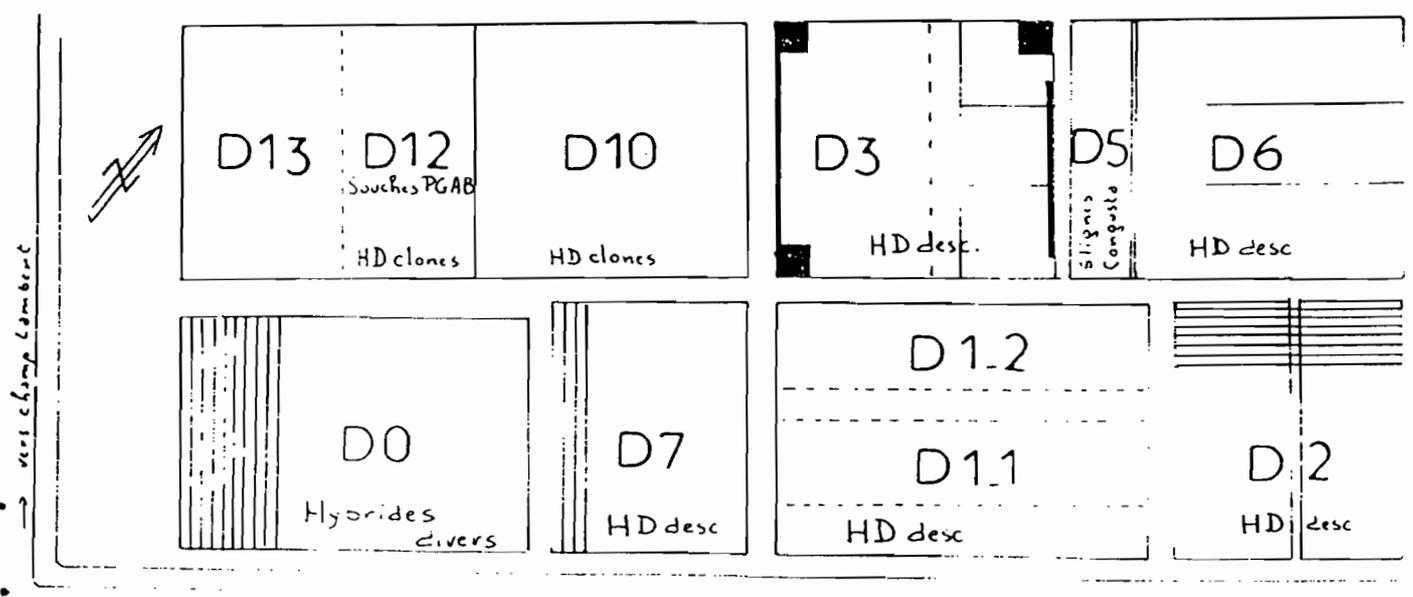


Figure 4 : Collections et champs d'essais ORSTOM.

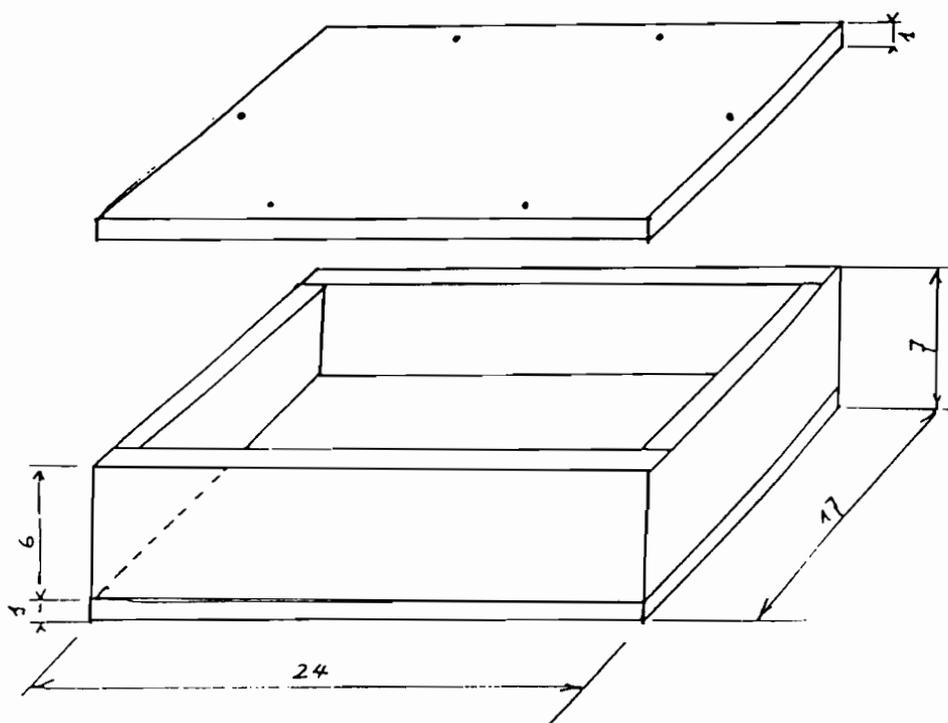
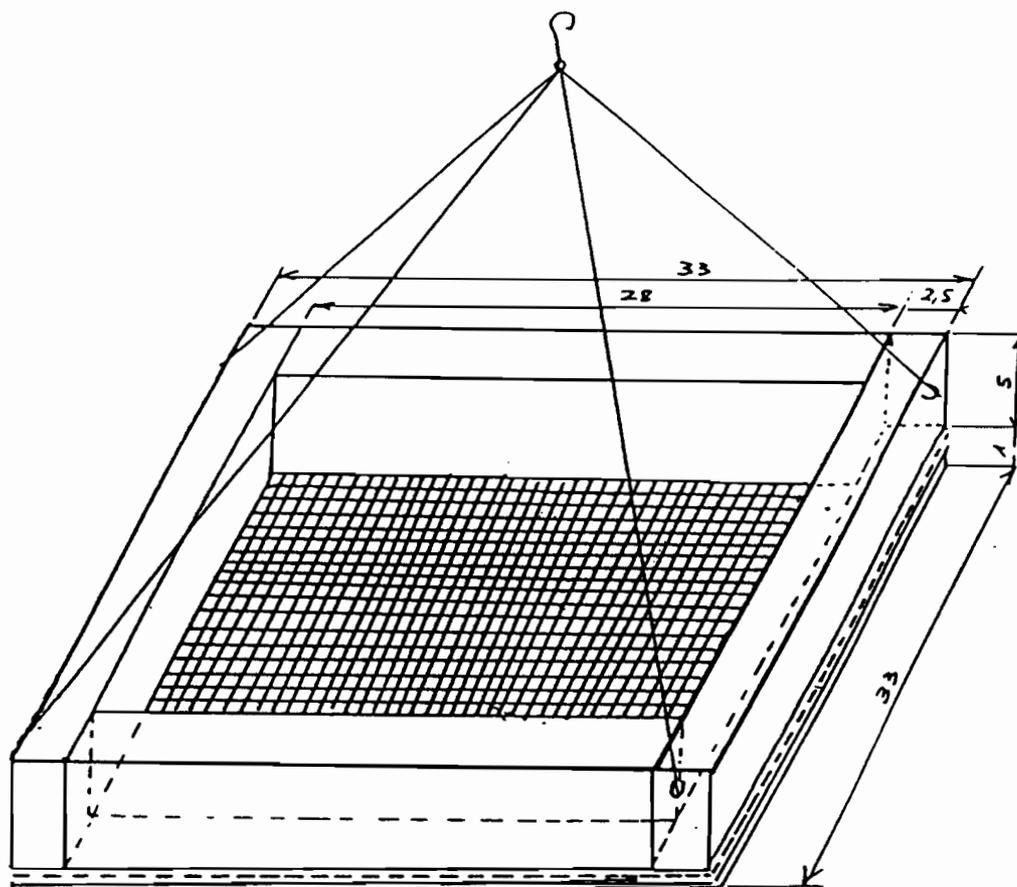
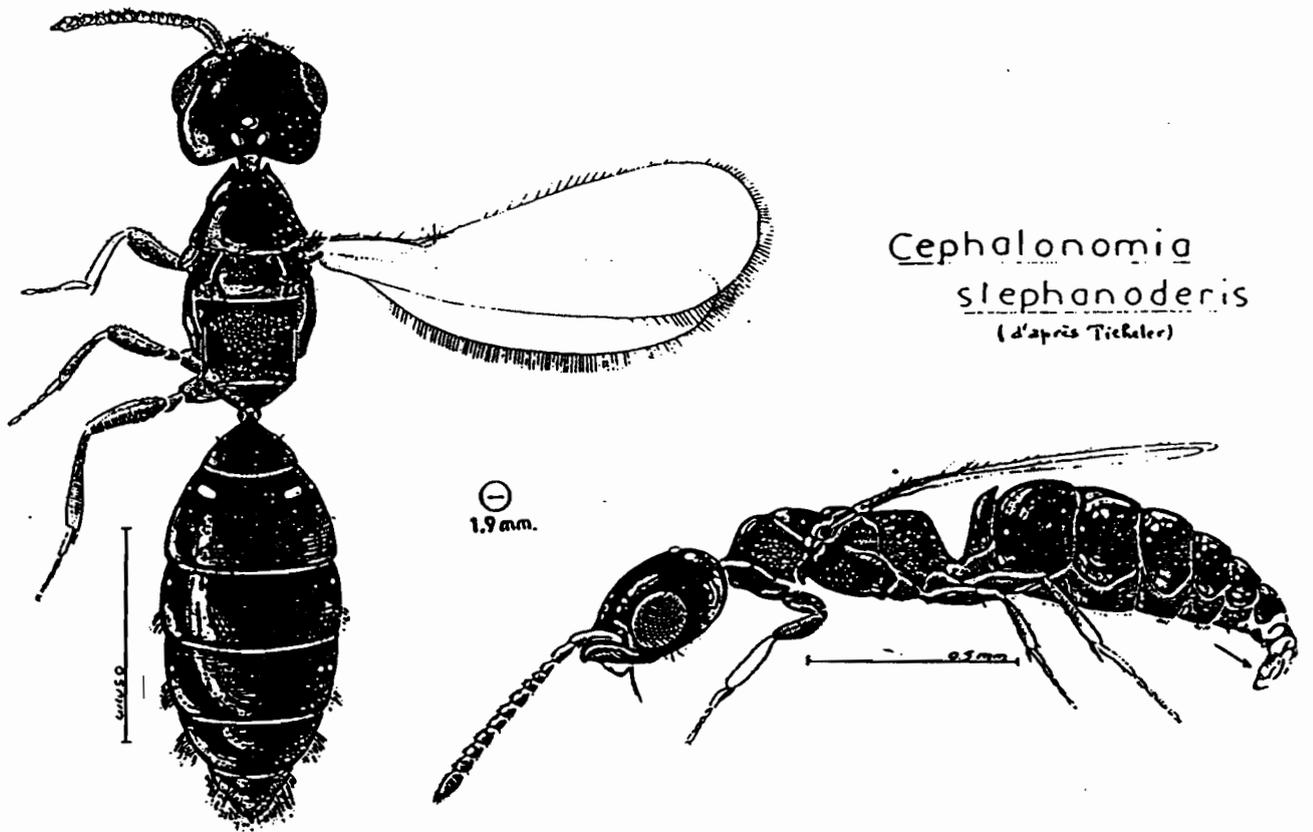


Figure 5 : Tamis et Boîte d'expédition.



Cephalonomia
stephanoderis
(d'après Ticheler)

PROROPS

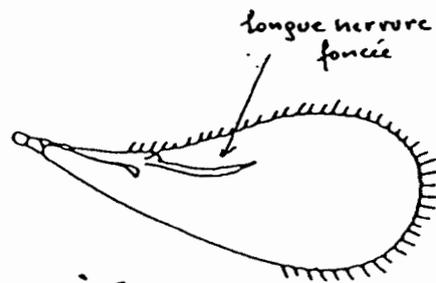


Tête en pointe

CEPHALONOMIA

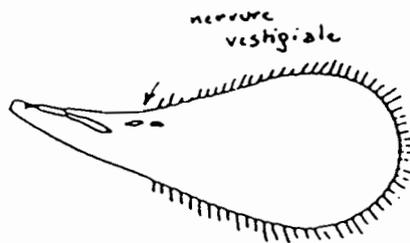


Tête carrée



longue nervure
foncée

AILE



nervure
vestigiale

Figure 6 : Caractères distinctifs de C. stephanoderis et de P. nasuta.

