

1004

42 70 712  
2 F  
17

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA VIE

ZOOLOGIE APPLIQUEE

N° 5

1991

NCL ? non

Etudes sur le ravageur majeur  
du café en Nouvelle Calédonie,  
*Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae)

3<sup>ème</sup> Année

Luc-Olivier BRUN  
Paul COCHEREAU  
Claude MARCILLAUD  
Véronique GAUDICHON

CONVENTION ADRAF / ORSTOM  
Etude des ravageurs du café

Avenant n°3

F 38221

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

CENTRE DE NOUMÉA

ORSTOM

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA VIE  
ZOOLOGIE APPLIQUEE

N° 5

1991

Etudes sur le ravageur majeur  
du café en Nouvelle Calédonie,  
*Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae)

3<sup>ème</sup> Année

Luc-Olivier BRUN  
Paul COCHEREAU  
Claude MARCILLAUD  
Véronique GAUDICHON

CONVENTION ADRAF / ORSTOM  
Etude des ravageurs du café

Avenant n°3

The logo for ORSTOM, consisting of the word "ORSTOM" in a stylized, bold, sans-serif font. The letters are filled with a fine grid pattern, giving it a textured appearance.

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

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1991

/Brun, L-O.  
/Cochereau, P.  
/Marcillaud, C.  
/Gaudichon, V.

Etudes sur le ravageur majeur du café en Nouvelle Calédonie, *Hypothenemus hampei*  
(Coleoptera : Scolytidae) : 3<sup>ème</sup> Année  
Nouméa : ORSTOM. Octobre 1991, 105 p.  
*Conv. : Sci. Vie : Zool. app. ; 5*

ENTOMOLOGIE APPLIQUEE; INSECTE NUISIBLE; LUTTE CHIMIQUE; INSECTICIDE; CAFE;  
LUTTE BIOLOGIQUE; INTRODUCTION D'ESPECES/NOUVELLE CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM  
de Nouméa  
Octobre 1991



ORSTOM Nouméa  
REPROGRAPHIE

A l'occasion de ce troisième rapport de convention passée entre l'ADRAF et l'ORSTOM, je tenais à exprimer ici tous mes remerciements à l'ensemble des responsables de "l'Opération", puis de la "Filière Café" de l'ADRAF.

Qu'il me soit permis de remercier tout particulièrement MM. M. Antal, B. Chambon, D. Goutorbe, J. Kabar, F. Marhadour, M. Matotaroeno, M. Naporea, M. Périnet, R. Poinri, J.M. Py, sans la collaboration enthousiaste desquels ces travaux n'auraient pas pu être réalisés.

L'intérêt constant des équipes de "terrain" pour les recherches conduites par l'ORSTOM depuis 1988 sur cet important ravageur a permis de travailler en étroite collaboration tout au long de ces trois années.

Cette collaboration exemplaire entre une structure de développement à vocation agricole et un laboratoire de recherche appliquée à la protection des végétaux n'a été possible que grâce à l'esprit d'équipe qui règne au sein de la Filière café et aux échanges constants entre ces deux structures.

Nouméa, le 9 Octobre 1991

L.O. Brun



# SOMMAIRE

<b>PROGRAMME DE LUTTE BIOLOGIQUE</b>	<b>8</b>
<b>I - ELEVAGE DE <i>C. STEPHANODERIS</i> AU LABORATOIRE</b>	<b>9</b>
1 Observations sur <i>Hypothenemus hampei</i> :	
2 Observations sur <i>Cephalonomia stephanoderis</i>	
<b>II - LE LACHER DE <i>C. STEPHANODERIS</i></b>	<b>11</b>
<b>PROGRAMME DE LUTTE INTEGREE</b>	<b>17</b>
<b>I - EVOLUTION DE LA RESISTANCE DANS LES DIFFERENTES REGIONS</b>	<b>18</b>
1 INTRODUCTION	18
2 MATERIEL ET METHODES	19
2.1. Souches de scolytes	19
2.2. Méthodes de tests	19
3 RESULTATS ET DISCUSSIONS	20
3.1. Régions à populations de scolytes sensibles	20
3.2. Régions à populations essentiellement sensibles	20
3.3. Régions à populations de scolytes résistants	21
- Région de Ponérihouen	
- Région de Poindimié	
- Région de Touho	
4 CONCLUSION	25

<b>II - INCIDENCE DU TRAITEMENT ET DU TYPE DE PLANTATION SUR L'EVOLUTION DU NIVEAU DE RESISTANCE DE DIFFERENTES POPULATIONS DE SCOLYTES</b>	<b>28</b>
<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>28</b>
<b>2 CARACTERISTIQUES DES POPULATIONS ETUDIEES</b>	<b>28</b>
2.1. Evolution de la proportion de phénotypes résistants au cours d'une même campagne de production	28
2.2. Incidence des traitements au Thiodan sur plusieurs populations de scolytes ayant acquis un début de résistance	29
2.2.1. Plantation de type ensoleillé	
- Etude de la réponse des populations à des doses croissantes d'endosulfan (régression concentration/mortalité)	
- Etude des phénotypes résistants selon un transect	
2.2.2. Plantations de type traditionnel, ombragé	
2.3. Incidence des traitements au Folithion sur plusieurs populations de scolytes ayant acquis un début de résistance	31
2.3.1. Plantation de type ensoleillé	
2.3.2. Plantation traditionnelle, ombragée	
<b>3 RESULTATS</b>	<b>32</b>
3.1. Evolution des phénotypes résistants au cours de l'année	32
3.2. Incidence des traitements au Thiodan	32
3.2.1. Réponse des populations à des doses croissantes	
a) Plantation de type ensoleillé (PN 0103)	
b) Plantations de type traditionnel, ombragé	
3.2.2. Etude de la résistance selon un transect	
3.3. Incidence du traitement au Folithion sur plusieurs populations de scolytes résistants à l'endosulfan	38
3.3.1. Réponses des populations prélevées selon un transect	
<b>4 DISCUSSION</b>	<b>48</b>
<b>5 CONCLUSION</b>	<b>50</b>

<b>III - ETUDES SUR LES TRAITEMENTS INSECTICIDES ET LE CONTROLE DES POPULATIONS DE SCOLYTE DU CAFE</b>	<b>51</b>
<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>51</b>
<b>2 MATERIEL ET METHODES</b>	<b>52</b>
2.1. Champs d'essai	52
2.2. Conditions de Traitement et Equipement	53
2.3. Evaluation des traitements	54
2.4. Evaluation de l'efficacité des traitements	56
2.4.1. Souches de scolytes utilisées	
2.4.2. Essai en pochettes de papier filtre	
2.4.3. Tests biologiques sur cerises	
2.5. Conditions d'expérimentations	59
<b>3 RESULTATS</b>	<b>61</b>
3.1. Essai en pochettes de papier filtre	61
3.2. Tests biologiques sur cerises	65
3.3. Distribution des traitements	65
<b>4 DISCUSSION</b>	<b>68</b>
4.1. Distribution des traitements	68
4.2. Evaluation de l'efficacité des traitements sur <i>H. hampei</i>	72
4.3. Essai en pochettes de papier filtre	73
4.4. Tests biologiques sur cerises	73
4.5. Amélioration des traitements	74
4.6. "Gestion" de la résistance	75
<b>IV - SYNTHESE GENERALE</b>	<b>77</b>

## LEGENDE DES FIGURES

### LUTTE BIOLOGIQUE

**Figure 1 :** Les populations de sur les branches des trois caféiers près desquels *C. stephanoderis* a été libéré

**Figure 2 :** Schéma du dispositif abritant la souche de *C. stephanoderis* lors du lâcher en caféière.

### LUTTE INTEGREE

**Figure 1 :** Régression de la résistance dans la région de Ponérihouen

**Figure 2 :** Régression de la résistance dans la région de Poindimié

**Figure 3 :** Augmentation de la résistance dans la région de Touho

**Figure 4 :** Evolution des phénotypes résistants au cours de l'année

**Figure 5 :** Evolution de la résistance dans un champ traité au Thiodan : Droites de régression des populations de bord de route (1988-89-90)

**Figure 6 :** Evolution de la résistance dans un champ "ensoleillé" traité au Thiodan : Droites de régression des populations du fond du champ (1988-89-90)

**Figure 7 :** Evolution de la résistance dans un champ "traditionnel" traité au thiodan: Droites de régression des populations de scolyte (1988-90)

**Figure 8 :** Evolution de la résistance dans un champ "traditionnel" traité au Thiodan: Droites de régression des populations de scolyte (1988-90)

**Figure 9 :** Etude de la résistance selon un transect (Champ "ensoleillé")

**Figure 10 :** Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations du bord de route)

**Figure 11 :** Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 25 m de la route)

**Figure 12 :** Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 75 m de la route)

**Figure 13 : Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 100 m de la route)**

**Figure 14 : Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ "ensoleillé" traité au Folithion (transects réalisés en 1988 et 1989)**

**Figure 15 a: Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traditionnel traité au Folithion (transects réalisés en 1988 et 1989)**

**Figure 15 b: Dispositifs utilisés pour évaluer l'efficacité des traitements insecticides**

**Figure 16 : Méthode des pochettes de papier filtre: mortalité des femelles colonisatrices résistantes et sensibles**

**Figure 17 : Comparaison de la mortalité observée dans les cerises vertes et les cerises sèches**

**Figure 18 : Dépôt de l'insecticide et mortalité comparée des populations sensibles et résistantes se trouvant dans les cerises non récoltées (sèches)**

**Figure 19 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus petit des BSE (face supérieure des feuilles)**

**Figure 20 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus petit des BSE (face inférieure des feuilles)**

**Figure 21: Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus gros des BSE**

**Figure 22 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus gros des BSE, par temps très variable**

**Figure 23 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "traditionnel" traité avec le plus gros des BSE**

# **PROGRAMME DE LUTTE BIOLOGIQUE**

Paul COCHEREAU

**PROGRAMME DE LUTTE CONTRE LE SCOLYTE DU GRAIN DE CAFE**  
**TRAVAUX REALISES DANS LE CADRE DU PROGRAMME**  
**DE LUTTE BIOLOGIQUE**

Paul COCHEREAU

L'avenant n° 3 à la convention particulière entre l'ADRAF et l'ORSTOM pour l'étude des ravageurs de la graine du caféier (ref. n° JM/PM/024/90/91 du 26 avril 1990) stipule pour l'année 1991 :

" Introduction du parasite *Cephalonomia stephanoderis*, élevage, lâcher sur le terrain, contrôle de son installation, étude de sa dispersion et de son potentiel de régulation des populations de Scolyte ".

Une souche de 800 *C. stephanoderis* environ a été réceptionnée par L.O. BRUN à Nouméa en novembre 1989 en provenance de l'IIBC de Londres. Cette souche a été maintenue en élevage au laboratoire de l'ORSTOM par L.O BRUN d'abord puis par J. TIAHING de février 1990 à avril 1991. Le 4 avril 1991, soit après 17 générations d'élevage, elle a été libérée selon nos indications dans une caféière de la région de Poindimié.

Le " contrôle de l'installation " (éventuelle) du parasite, " l'étude de sa dispersion et de son potentiel de régulation des populations de Scolyte " n'ont donc pas été abordés à ce jour.

**ELEVAGE DE *C. STEPHANODERIS* AU LABORATOIRE DE L'ORSTOM**

Une vingtaine de boîtes plates de 17x11x4 cm ont été utilisées. Chacune contenait une centaine de cerises de caféier si possible bien mûres et renfermant des scolytes à tous les stades ; leur était alors ajoutés une vingtaine de parasites adultes. Au fur et à mesure de l'émergence des parasites adultes, de nouvelles boîtes de multiplication étaient mises en route. Cet élevage a permis des observations sur la biologie et le comportement de *C. stephanoderis* d'abord, mais aussi de sa proie-hôte. La plupart de ces observations ont confirmé ce que l'on sait déjà par la littérature sur ces insectes.

**Observations sur le Scolyte de la graine du caféier *Hypothenemus 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 cerise trop verte, tandis que la graine de la cerise 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, puis s'y nourrir et y déposer ses oeufs. C'est pour cette raison que les cerises rouges sont préférées aux cerises vertes ou brunes. La période de préoviposition 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 11ème 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 à 7° en saison fraîche, chaque génération du Scolyte dure plus longtemps. On observe en moyenne une dizaine de Scolytes femelles pour 1 mâle. Une simple cerise sèche peut héberger une centaine de Scolytes à l'état de larves, nymphes et adultes.

#### Observations sur le Béthylide parasite *Cephalonomia stephanoderis*.

La femelle de cette guêpe noire et aplatie mesure environ 2mm de long. Le mâle recherche la femelle dès son éclosion afin de s'accoupler ; il vit 5 jours seulement mais peut s'accoupler avec plusieurs femelles. Si elle n'est pas fécondée, la femelle peut néanmoins pondre mais sa descendance n'est constituée que de mâles. Fécondée, la femelle pénètre, en empruntant les trous déjà pratiqués par le Scolyte, successivement dans plusieurs cerises scolytées, qu'elle visite, puis reste dans la dernière choisie qui lui paraît favorable à sa ponte. Avant de commencer sa ponte, la femelle doit se nourrir des divers stades de l'hôte (même des scolytes adultes) pendant au moins une semaine, dans les conditions de l'élevage au laboratoire de Nouméa (25°) ; cette période correspond à la maturation des oeufs du parasite femelle. Néanmoins, le parasite semble préférer une nourriture constituée d'oeufs et de jeunes larves. La période de préoviposition terminée, afin de rechercher des stades du scolyte favorables à sa ponte, la femelle parasite fécondée sort 5 jours environ après sa naissance de la cerise où elle s'est développée, si cette dernière ne contient plus de stades du scolyte réceptifs ; ou bien elle reste dans la cerise où elle est née, si celle-ci renferme encore des prénymphe ou des nymphes sur lesquelles elle pourra pondre. Elle dépose alors un seul petit oeuf allongé et translucide sur la face ventrale thoracique de chaque larve âgée qu'elle choisit ou sur la face dorsale de chaque prénymphe et nymphe du Scolyte ; ce dernier stade semble être préféré. La femelle pond en général d'abord 3 oeufs par jour pendant 10 jours, parfois 1 à 4, on peut observer 5 oeufs au 10ème jour après le début de la ponte. Ainsi, la femelle peut pondre 70 oeufs en 60 jours de ponte. Il est difficile de déterminer quand l'oeuf éclot, mais ce stade est très bref (une trentaine d'heures) ; la larve, fixée sur l'hôte par sa partie antérieure, grossit très rapidement et se développe en parasite externe en vidant le contenu de son hôte en 5 jours. Dans la galerie du Scolyte ou entre la graine et sa parche, elle tisse alors un cocon de soie où elle se transforme en nymphe. Ainsi, la période du développement du parasite comprise entre l'oeuf et le tissage du cocon dure seulement une semaine. La nymphe demande ensuite deux semaines environ dans le cocon. Le développement complet du parasite s'étale donc sur environ trois semaines, les mâles éclosant un à deux jours avant les femelles. On peut observer jusqu'à 20 cocons dans une seule cerise, lesquels représentent la descendance d'un même parasite femelle. Comme chez le Scolyte, le mâle de *C. stephanoderis*, bien que pourvu d'ailes fonctionnelles, quitte rarement la cerise où il a éclos ; comme son cycle de développement dure deux jours de moins que celui de la femelle, il attend dans la cerise l'éclosion des

femelles-soeurs pour les féconder aussitôt, souvent dans leur propre cocon de nymphose. On dénombre environ 1 mâle pour 5 femelles. Les cerises les plus favorables à la multiplication du parasite sont les vieilles cerises rouges qui contiennent alors de nombreux stades âgés du Scolyte.

## LE LACHER DE *CEPHALONOMIA STEPHANODERIS* EN NOUVELLE CALEDONIE

Avant le départ de Nouvelle-Calédonie de J. TIAHING, afin que l'élevage de *Cephalonomia stephanoderis* conduit pendant plusieurs mois au laboratoire soit rentabilisé au mieux, si les qualités génétiques de la souche le permettaient, une tentative d'installation de la souche dans la nature a été effectuée selon nos indications. Auparavant, la situation des populations du ravageur au point de lâcher choisi a été évaluée. Suivent, chronologiquement, les actions entreprises.

1°) Multiplication entre janvier et avril 1991 du nombre des *Cephalonomia* mis en élevage.

2°) Confection par l'atelier de l'ORSTOM d'un petit abri, dont le schéma est donné en annexe, où ont été disposées les cerises contenant l'élevage de laboratoire de *Cephalonomia* avec des cerises scolytées. Le bâti de cet abri est constitué de fers à béton soudés : soit deux rectangles superposés de 100 cm x 50 cm, séparés de 30 cm sur un côté et de 40 cm sur l'autre (de manière à faciliter l'écoulement de l'eau sur le toit). Le rectangle supérieur supporte un toit de palmes tressées attaché au bâti, celui du bas un grillage en fer galvanisé (pour éviter la rouille), à maille de 0,5 cm, sur lequel ont été disposées les cerises scolytées. Les quatre pieds en fers à béton font 50 cm de long et ont été enfoncés de 25 cm dans le sol.

3°) Sélection d'une caféière qui n'a jamais été traitée à l'insecticide (ou rarement), et qui ne le sera pas dans les mois à venir, soit :

- sur la côte Est de la Nouvelle-Calédonie, dans la zone de résistance du scolyte à l'endosulfan,
- à proximité de la montagne,
- à proximité de la forêt.

4°) L'autorisation a été demandée au propriétaire de la caféière choisie pour pénétrer sur cette plantation et pour prélever des cerises, afin d'évaluer l'infestation par le Scolyte. Des explications ont été fournies sur les buts de l'opération.

5°) Repérage d'un arbre en bonne santé (A) au milieu de la plantation (sous lequel a été effectué le lâcher des parasites) et évaluation sur ce dernier, sans prélèvement de cerises, du pourcentage des cerises trouées par le Scolyte. Ce pourcentage a été obtenu en dénombrant, sans prélèvement, toutes les cerises des branches basses accessibles et, parmi ces dernières, toutes les cerises trouées par le scolyte. Les branches ont été numérotées avec des étiquettes métalliques attachées à la base de chaque branche avec un fil métallique, soit A1, A2, A3, A4, etc ... On a fait de même, en fonction du temps disponible, sur les deux autres arbres immédiatement voisins de l'arbre (A) sur la ligne de plantation, soit les arbres (B) et (C). Ces dénombrements ne peuvent donner une estimation de l'infestation globale de la parcelle, mais permettent seulement d'évaluer l'infestation à l'emplacement où a été libéré le parasite entomophage.

6°) Prélèvement sur l'arbre (A), sur les arbres (B) et (C) voisins et sur les arbres les plus proches d'environ un kilo de cerises trouées par le Scolyte, soit 50 % de cerises vertes et 50% de rouges, ce qui correspond à 350 grammes environ de cerises trouées par arbre.

7°) Ces cerises ont été bien mélangées et, parmi elles, au hasard 100 cerises rouges et 100 cerises vertes ont été prélevées pour dissection. Au laboratoire, cerise par cerise, a été noté ce qui a été observé sous la loupe binoculaire, soit les nombres d'oeufs, de larves, de nymphes, d'adultes, leur sexe. On a obtenu ainsi l'état des populations du Scolyte au champ au moment du lâcher du parasite.

8°) Le 4 avril 1991 l'abri confectionné selon le point 2°) a été installé sous l'arbre ( A ), donc à l'ombre. Le reste des cerises scolytées récoltées précédemment a été disposé sur le grillage de l'abri et, parmi ces cerises trouées, les cerises de l'élevage de laboratoire contenant la souche du parasite ont été réparties uniformément. A aussi été disposé sur le sol, sous le grillage, un tapis de feuilles vertes de caféier sur lesquelles ont été placées des cerises trouées, précédemment cueillies sur les arbres.

9°) Par la suite, sur la demande du Chef de Secteur de la Filière Café, le propriétaire de la plantation a perturbé et a laissé perturber le moins possible l'installation ci-dessus.

J. TIAHING a effectué le lâcher du parasite selon les dispositions décrites ci-dessus, en compagnie du Chef du Secteur de Poindimié de la Filière Café, Mr Moïse NAPOREA. Ce dernier a sélectionné le site et choisi le propriétaire de la caféière, Mr VONITICHI Lucien, dans la vallée de Névaho (Tchamba), entre Poindimié et Ponerihouen. La caféière choisie, située à environ 4 km de la mer à vol d'oiseau et à 80 m d'altitude environ, mais en terrain accidenté à proximité de zones montagneuses boisées, n'a jamais été traitée à l'insecticide, car elle se trouve au milieu d'un pâturage où circulent des bêtes à cornes. Elle a été plantée en octobre 1986 de la variété Robusta, soit 420 pieds sur 25 ares. Cette parcelle a toujours été bien entretenue, désherbée et fertilisée régulièrement (360 gr par pied de l'engrais 17-17-17). Environ un kilo de cerises rouges scolytées, soit environ 800 cerises contenant le parasite à tous les stades, ont été apportées du laboratoire de Nouméa et disposées sur la claie de l'abri décrit ci-dessus. L'arbre (A) est un pollinisateur qui portait de nombreuses cerises rouges précoces et scolytées, tandis que les arbres (B) et (C) sont des hybrides. Les dénombrements effectués sur ces trois arbres ont donné les résultats suivants (Tableaux 1 et 2 ; Figure 1).

	Arbre (A)	Arbre (B)	Arbre (C)
Nombre de branches basses examinées	17	17	14
Nombre de fruits rouges et verts par branche (extrêmes)	839 49 21-92	483 28 10-55	442 32 18-45
Nombre de fruits scolytés par branche	611 36	99 6	124 9
Nombre de branches sans scolyte	3	4*	1
Pourcentages des cerises scolytées écarts sur les branches	73 % 38-93 %	20 % 3-55 %	28 % 12-61 %

\* et deux branches avec un seul fruit scolyté

Tableau 1 - Dénombrements effectués au champ sur les branches basses des trois arbres choisis.

	Cerises rouges ( 94 )	Cerises vertes ( 100 )
Oeufs	1436	778
Larves	1383	426
Nymphes	1068	194
Adultes femelles	715	163
Adultes mâles	329	38
Oeufs par cerise	15.3 (3-31)	7.8 (0-19)
Larves par cerise	14.7 (2-32)	4.3 (0-10)
Nymphes par cerise	11.4 (1-20)	1.9 (0-6)
Femelles par cerise	7.8 (0-24)	1.6 (0-4)
Mâles par cerise	3.5 (0-9)	0.4 (0-1)
Cerises sans oeuf	0	6
Cerises sans larve	0	9
Cerises sans nymphes	0	35
Cerises sans femelle	8	14
Cerises sans mâle	22	62
Cerises sans adulte	8	14
Sex-ratio femelles/mâle	2.2 femelles/mâle	4

Tableau 2 - Populations de Scolytes observées dans les cerises prélevées.

La figure 1 donne l'état des populations du scolyte sur les branches basses des trois caféiers près desquels le parasite a été libéré. Sont donnés les histogrammes des fréquences des nombres d'oeufs, de larves et de nymphes par cerise dans les cerises vertes et rouges. Les deux tableaux précédents et cette figure amènent aux commentaires suivants.

Les cerises des branches basses du caféier pollinisateur plus précoce présentent en avril 1991 deux fois plus de cerises que les caféiers hybrides voisins plus tardifs et recueillent ainsi les populations de *H. hampei* d'intersaison ; ces cerises sont 2,5 à 3,5 fois plus attaquées que celles des caféiers hybrides voisins.

On sait déjà que les populations globales du Scolyte dans les cerises rouges sont plus importantes que dans les cerises vertes ; néanmoins, les chiffres obtenus apportent des précisions dans cette situation particulière. On observe dans les cerises rouges 2 fois plus d'oeufs, 3 fois plus de larves, 5,5 fois plus de nymphes, 4 fois plus d'adultes femelles et près de 9 fois plus d'adultes mâles. On observe les mêmes rapports si l'on rapporte les dénombrements des divers stades du Scolyte à l'unité cerise.

Quatre cerises vertes sur 100 n'hébergeaient que la femelle fondatrice, laquelle n'avait donc pas commencé à pondre dans ces cerises. On observe aussi des cerises vertes attaquées qui ne contiennent pas d'oeufs, ou pas de larves ou pas de nymphes du Scolyte. Ces cas ne se rencontrent pas dans la population de cerises rouges scolytées où tous les stades sont largement représentés dans chaque cerise. Il y a beaucoup plus de cerises vertes n'hébergeant pas d'adulte, et en particulier sans adulte mâle, que de cerises rouges. En outre, on ne trouve jamais plus d'un mâle dans une cerise verte alors qu'une cerise rouge peut abriter jusqu'à 9 mâles.

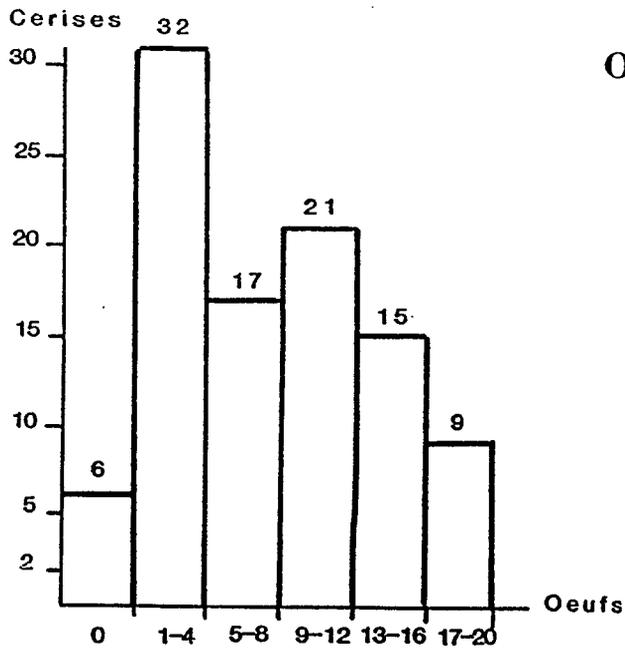
On n'observe jamais un mâle sans femelle, que la cerise soit rouge ou verte. Par contre, 14 cerises vertes, et même 8 cerises rouges ont été observées sans adulte, mais contenant déjà des oeufs, des larves ou des nymphes du Scolyte en petits nombres, ce qui indique que la femelle fondatrice de la colonie initiale a quitté la cerise malgré l'abondance de nourriture disponible et que sa descendance n'a pas encore donné d'adulte. Quatorze autres cerises rouges contenaient une ou plusieurs femelle sans un seul mâle.

Le sex-ratio évolue de 1 mâle adulte pour 4 femelles adultes dans les cerises vertes à 1 mâle pour 2,2 femelles dans les cerises rouges. Que la proportion des mâles augmente à mesure que les populations de Scolytes se développent dans la cerise, ceci en l'absence de parthénogénèse, est un facteur favorable à une bonne fécondation des populations femelles, donc favorable au développement de la pullulation.

L'ensemble de ces données fournit un aperçu momentané de la situation des populations du Scolyte dans la caféière de Nevaho au moment du lâcher de *Cephalonomia stephanoderis*. Si le parasite s'installait dans la caféière choisie, ces données permettront de faire une comparaison avec les dénombrements qui seront obtenus dans une situation analogue de prélèvements de cerises, selon le même protocole (cycle de la plante, mois d'avril), et par là d'évaluer l'impact du parasite sur les populations du ravageur et sur le pourcentage de cerises scolytées à la récolte.

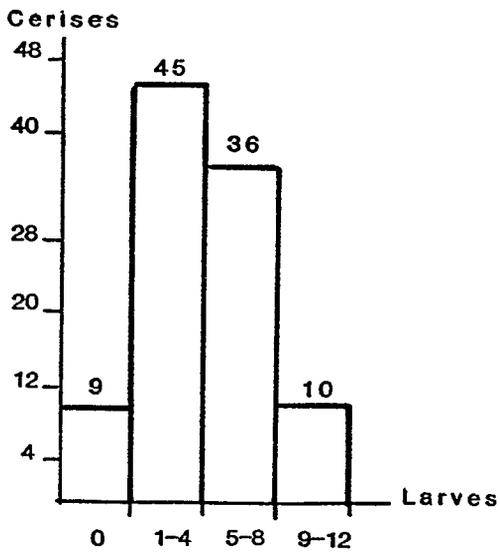
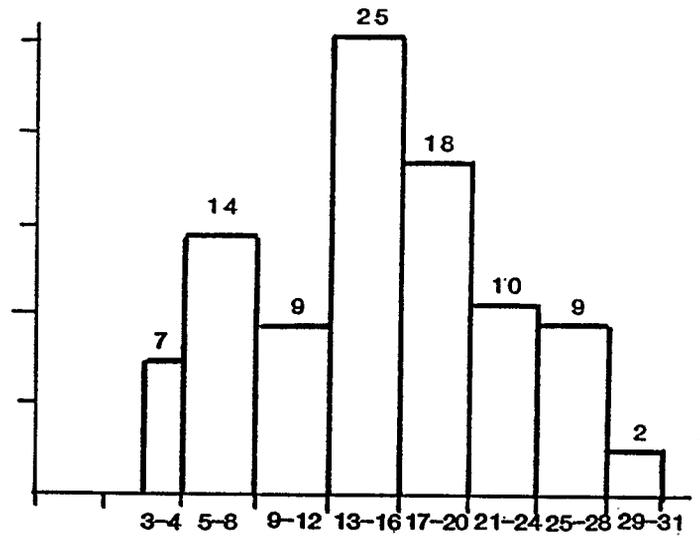
**Figure 1 : Les populations de *H. hampei* sur les branches des trois caféiers près desquels *C. stephanoderis* a été libéré (Nevaho, avril 1991)**

**CERISES VERTES**

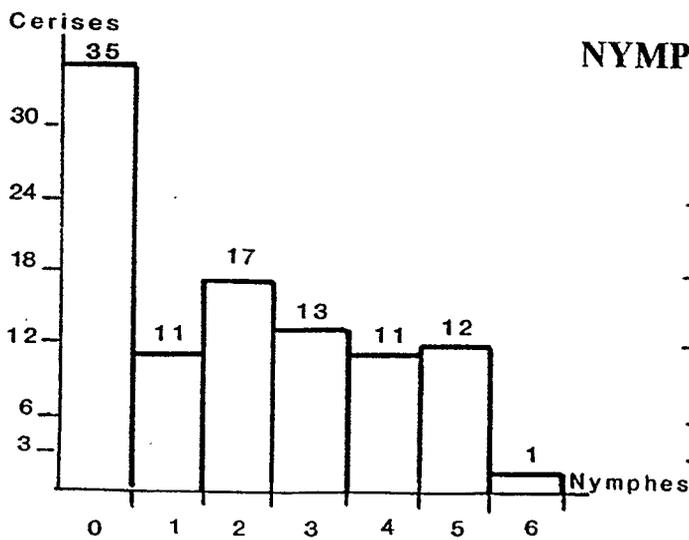
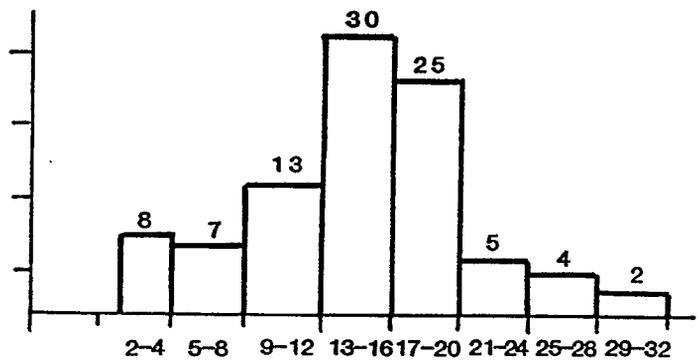


**CERISES ROUGES**

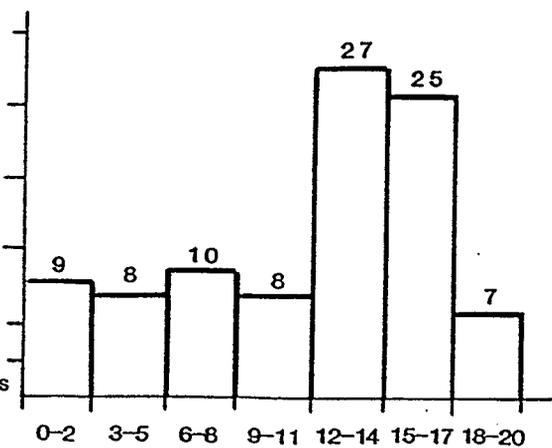
**OEUFs**

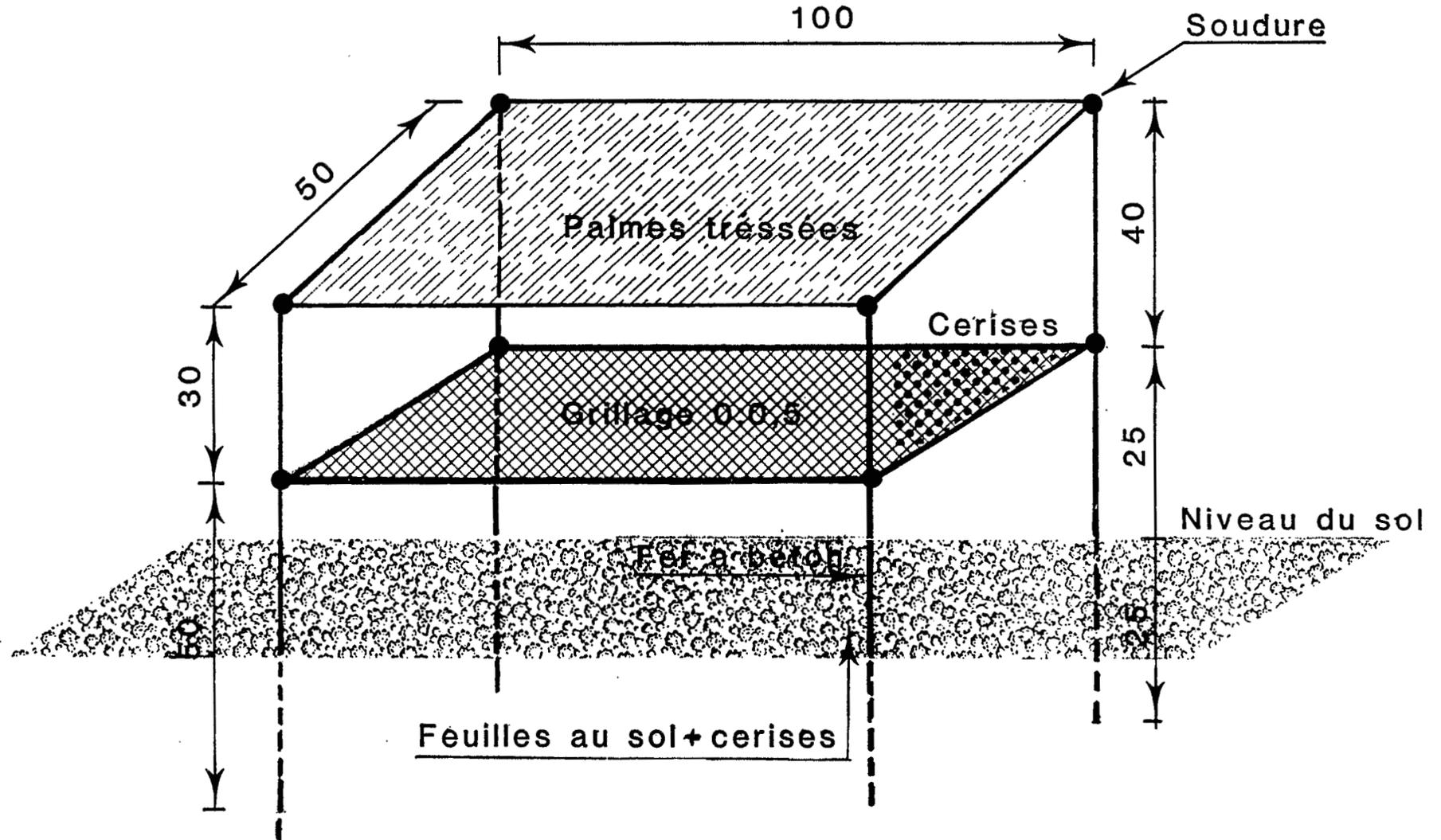


**LARVES**



**NYMPHES**





**Figure 2: Schéma du dispositif abritant la souche de *C. stephanoderis* lors du lâcher en caféière.**

# **PROGRAMME DE LUTTE INTEGREE**

Luc-Olivier BRUN  
Claude MARCILLAUD  
Véronique GAUDICHON

# **I - EVOLUTION DE LA RESISTANCE DANS LES DIFFERENTES REGIONS**

## **1 INTRODUCTION**

Dès la première année de recherche qui a essentiellement porté sur la définition de la résistance du scolyte à l'endosulfan en Nouvelle-Calédonie, nous avons pu démontrer la grande similitude qui existait entre les deux méthodes utilisées pour identifier les souches qui présentaient des individus résistants.

Les résultats obtenus par les deux méthodes: pulvérisation directe à l'aide de la Tour de Potter ou exposition indirecte aux vapeurs d'endosulfan (test publié dans le bulletin de la Protection des Plantes de la FAO comme méthode de référence), furent parfaitement comparables.

Cette étude a porté sur 203 populations de scolytes provenant de champs répartis sur l'ensemble du Territoire. Elle a permis de montrer que pratiquement toutes les populations de scolytes récoltées dans les régions de Poindimié et de Ponérihouen étaient résistantes. Par contre, dans la région de Touho, les champs ayant un nombre variable d'individus résistants ne représentaient que 63 % de l'ensemble. Dans cette région, la majorité des populations testées avait cependant un niveau très faible de résistance (inférieur à 5-15 %). C'est grâce au recours de la dose de 400 ppm, dose utilisée pour séparer les phénotypes résistants des sensibles qu'ont été conduites ces études.

Dès les premiers travaux sur les résistances il avait été recommandé de remplacer l'endosulfan par le fénitrothion dans les régions de Poindimié et de Ponérihouen, alors que toutes les autres régions étaient maintenues au traitement classique à l'endosulfan.

A l'issue de ces deux années de modification de la pression de sélection dans les plus grandes régions productrices de la Côte Est du Territoire, nous avons évalué l'incidence des mesures proposées en 1988 sur le niveau de résistance dans ces deux régions. Dans la région de Touho et dans celles de Houailou et de Hienghène où l'endosulfan continuait à être utilisé, nous avons poursuivi les études d'évaluation des résistances de façon à identifier les risques occasionnés par le traitement traditionnel à l'endosulfan.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Souches de scolytes

Comme par le passé les populations de scolytes ont été obtenues à partir d'échantillons de cerises scolytées, prélevées dans toutes les régions productrices du Territoire. Du fait de l'absence totale de résistance jusqu'à présent sur la Côte Ouest, seule la région de La Foa a été prospectée (4 échantillons en 1990). Par contre les régions limitrophes des zones où la résistance s'était le plus développée ont été étudiées sur un grand nombre d'échantillons : 24 champs à Poindimié, 25 à Ponérihouen et 32 à Touho.

Les cerises scolytées abritaient en général une population larvaire importante au moment de la récolte, alors que la population adulte y était faible. Après environ un mois au laboratoire de Nouméa (25°C et 80 % HR), les populations d'adultes s'étaient développées et étaient devenues suffisantes pour que les tests puissent être réalisés.

La plupart des échantillons ont été testés par chacune des deux méthodes, sur 45 à 90 individus. Parfois, quand la probabilité de trouver un individu résistant était faible, un nombre plus important de femelles étaient testées (200 à 300).

Il ne nous a malheureusement pas toujours été possible de retrouver les mêmes échantillons que ceux testés en 1988 et 1989, soit par manque de cerises scolytées, soit du fait d'un recépage des caféiers du champ étudié précédemment ou de l'abandon de la parcelle. La comparaison des niveaux de résistance a donc dû être faite, soit au cours de deux années consécutives, soit entre 1988 et 1990, quand aucun échantillon n'avait pu être obtenu en 1989.

### 2.2. Méthodes de tests

Les deux méthodes utilisées, Tour de Potter et exposition indirecte, ont été décrites en détail par ailleurs (cf. rapport de Convention, 2<sup>o</sup> Année, p 8-9).

#### a) Tour de Potter :

Les femelles à tester étaient obtenues par décorticage des cerises, juste avant les tests. Ceux-ci portaient sur un à plusieurs lots de 45 individus. Au moment du test, les femelles placées à l'intérieur d'un anneau de verre étaient pulvérisées pendant une dizaine de secondes avec 2 ml d'endosulfan à 400 ppm. Cette concentration correspondait à la dose létale pour 99,95 % des individus sensibles.

Le temps d'exposition des insectes après traitement a été de 6 heures. Dans les conditions du laboratoire (25°C et 80 % HR), les individus qui survivaient étaient considérés comme résistants.

b) Exposition indirecte :

Cette méthode de test fait appel à l'action des vapeurs toxiques de l'endosulfan libérées par un papier filtre préalablement imprégné (à l'aide de 0,6 ml d'endosulfan à 400 ppm). Après une heure de séchage des papiers, les femelles étaient placées dans des logettes, sur un fin grillage en nylon posé à même le papier filtre. Le décompte de la mortalité était effectué également après 6 heures de contact. L'avantage essentiel de cette méthode étant sa simplicité, sa fiabilité à différentes températures et le faible coût du matériel nécessaire.

### **3 RESULTATS ET DISCUSSIONS**

#### **3.1. Régions à populations de scolytes sensibles**

A La Foa et dans les autres régions testées (Canala, Kouaoua) qui ne présentaient pas d'individus résistants lors des deux études précédentes effectuées en 1988 et 1989, nous avons une situation stable, avec absence de résistance en 1990; ceci malgré l'usage continu de l'endosulfan. Le nombre de femelles testées dans ces trois régions fut respectivement de 795, 1471 et 495 individus. Quatre souches provenaient de La Foa alors que 11 venaient de Canala et 5 de Kouaoua.

#### **3.2. Régions à populations essentiellement sensibles**

La région de Houailou avait été très largement prospectée en 1988, lors de la première étude de distribution de la résistance sur le Territoire. Sur 34 souches testées, représentant un total de plus de 4000 femelles, 10 à 12 % des champs (selon la méthode utilisée) contenaient quelques individus résistants. En 1989, une douzaine de champs ont été prospectés alors que 23 ont pu l'être en 1990.

La proportion de champs présentant des individus résistants n'a pratiquement pas variée au cours de ces deux dernières années de traitement à l'endosulfan (13 % en 1990). Deux champs ayant des populations classées sensibles en 1988 ont acquis une résistance au cours de ces deux dernières années: 10 à 25 % des individus ont survécus en 1990, à la dose discriminante de 400 ppm.

Une seule population, à Méomo, détectée résistante en 1988 a pu être suivie pendant trois années consécutives: la proportion d'individus résistants (femelles survivant à la dose de 400 ppm) est passée de 10 % en 1988 à près de 53 % en 1989 et à 90 % en 1990. L'importance du niveau de résistance acquis par le scolyte du café en seulement 3 ans montre l'intérêt de l'utilisation des méthodes de détection précoce des premiers individus résistants au sein d'une population préalablement sensible. Cette détection précoce est

d'autant plus cruciale que l'évolution de la résistance semble être rapide à partir de son apparition dans un champ où est maintenu la même pression de sélection.

### 3.3. Régions à populations de scolytes résistants

#### - Région de Ponérihouen (Fig. 1) :

Au nord de la région de Houailou, deux des populations résistantes étudiées se trouvaient dans les secteurs de Bâ et Méomo, en limite de la vallée de la Néavin (sud de la région de Ponérihouen). Dans cette vallée où la résistance était présente dès 1988 plusieurs populations ont été suivies alors que les applications classiques à l'endosulfan ont été pratiquées ces deux dernières années.

Au cours de ces trois campagnes, de 1988 à 1990, les niveaux de résistance, respectivement pour les trois champs étudiés, sont passés de 42 à 69 %, 21 à 38 % et de 85 à 93 %. Chacun de ces champs a été traité une à deux fois en début d'année, excepté l'un d'entre eux (Ayawa Innocent) qui ne fut pas traité en 1989. Cette année là, le niveau de résistance de la population de ce champ a été stable, régressant de 2 %, ce qui correspond à une variation fréquemment rencontrée pour une même population, à l'occasion de tests successifs.

Les fluctuations des niveaux de résistance des populations de scolytes au sein d'une même vallée, selon la pression de sélection exercée (poursuite de l'usage du même produit ) ou son relâchement par alternance des produits de traitement (ou arrêt de traitement) , montre que les effets des différents régimes de contrôle des populations de scolytes se font assez rapidement sentir sur le niveau des résistance. Ces résultats confirment également la fiabilité des méthodes de tests utilisées pour détecter les individus résistants.

Cette incidence du type de traitement sur l'évolution de la résistance se retrouve dans le suivi de nombreux échantillons des régions de Ponérihouen et de Poindimié où la généralisation de la résistance a nécessité le recours à un nouvel insecticide dès 1988 : le fénitrothion.

Dans la région de Ponérihouen, depuis la recommandation d'abandon de l'endosulfan, nous avons pu examiner le niveau de résistance de nombreuses populations de scolytes : 25 en 1988, 16 en 1989, 25 en 1990. Toutes ces populations ont été soumises aux tests de laboratoire (400 ppm d'endosulfan et observation après 6h), de façon à apprécier la proportion d'individus résistants dans chaque échantillon.

La figure 1 indique très clairement l'effet positif des mesures recommandées à l'issu de nos premiers travaux sur convention sur l'évolution du niveau de résistance à l'endosulfan. Si nous considérons seulement les classes extrêmes de mortalité à la dose de 400 ppm qui sont représentées par les populations ayant acquis un niveau maximum de

# RÉGION DE PONÉRIHOUE

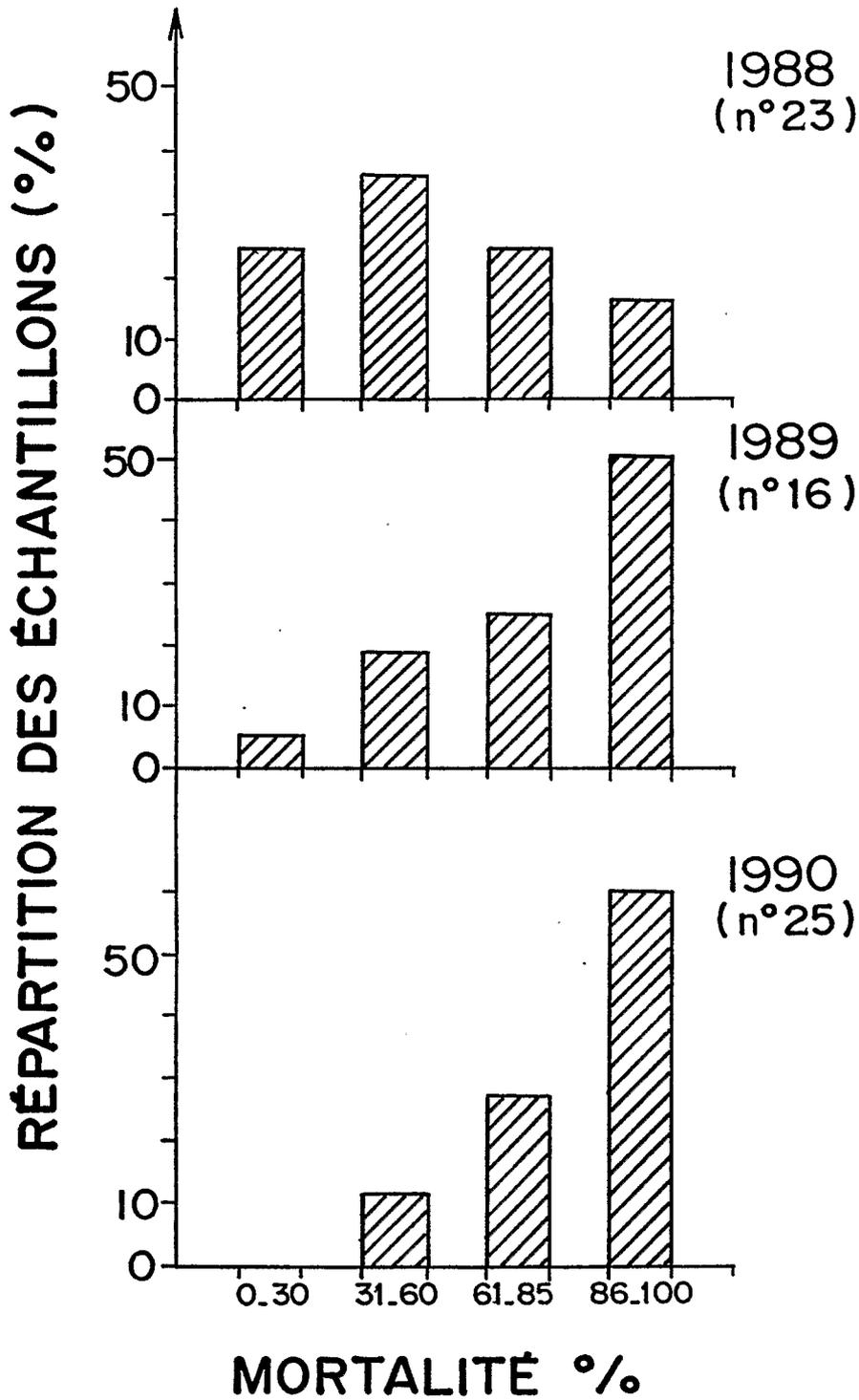


Figure 1 : Régression de la résistance dans la région de Ponérihouen

résistance (mortalité à 400 ppm inférieure à 30 %) ou celles au contraire qui contiennent une essentiellement des individus sensibles ( mortalité à 400 ppm supérieure à 86 %), nous observons :

- Classe de mortalité de 0 à 30 %: la proportion de ces échantillons passe de 24 % en 1988 à 6,2 % en 1989 et devient nulle en 1990. La chute de la proportion d'individus à résistance élevée est également très nette si la classe observée s'étend de 0 à 60 %: dans ce cas, entre 1988 et 1990, la mortalité à 400 ppm passe de 60 à 12 % des échantillons.
- Classe de mortalité de 85 à 100 %: au cours des trois dernières années, la proportion des populations ayant une majorité d'individus résistants passe de 16 % à 50 %, puis à 60 %.

#### **- Région de Poindimié (Fig. 2) :**

Sur nos propositions cette région a été soumise au même régime de traitement que celle de Ponérihouen depuis 1988 (remplacement de l'endosulfan par le fénitrothion). Dans cette région nous constatons une évolution tout à fait semblable à celle observée dans la région de Ponérihouen :

Les échantillons très résistants qui sont caractérisés par une très faible mortalité (0 à 30 % à 400 ppm) ou ceux moyennement résistants (mortalité de 30 à 60 % à cette même dose) voient leurs effectifs diminuer alors que les populations peu résistantes deviennent majoritaires en 1990.

Au cours des trois dernières années nous avons pu suivre 23 échantillons en 1988, 16 en 1989 et 24 en 1990. La répartition des populations selon la classe de mortalité observée à 400 ppm, est la suivante :

- Classe de mortalité de 0 à 30 % : 17,4 % en 1988, puis nulle en 1989 et 1990, ou, si l'on considère la classe de mortalité qui s'étend de 0 à 60 %: 65,2 % en 1988, 18,7 % en 1989 puis nulle en 1990.

A l'inverse, nous constatons que les populations essentiellement sensibles sont en augmentation depuis l'abandon de l'endosulfan :

- Classe de mortalité de 86 à 100 %: 17,4 % en 1988, 31,2 en 1989 et 67,7 % en 1990. Ces populations ayant un "profil" proche des populations sensibles est en augmentation constante depuis l'arrêt de l'utilisation de l'endosulfan.

D'une façon générale, pour ces deux régions, nous observons un recul très net du niveau de résistance des populations testées. Deux années après la suppression de l'endosulfan dans ces régions nous ne retrouvons plus de populations très résistantes. Par

# RÉGION DE POINDIMIÉ

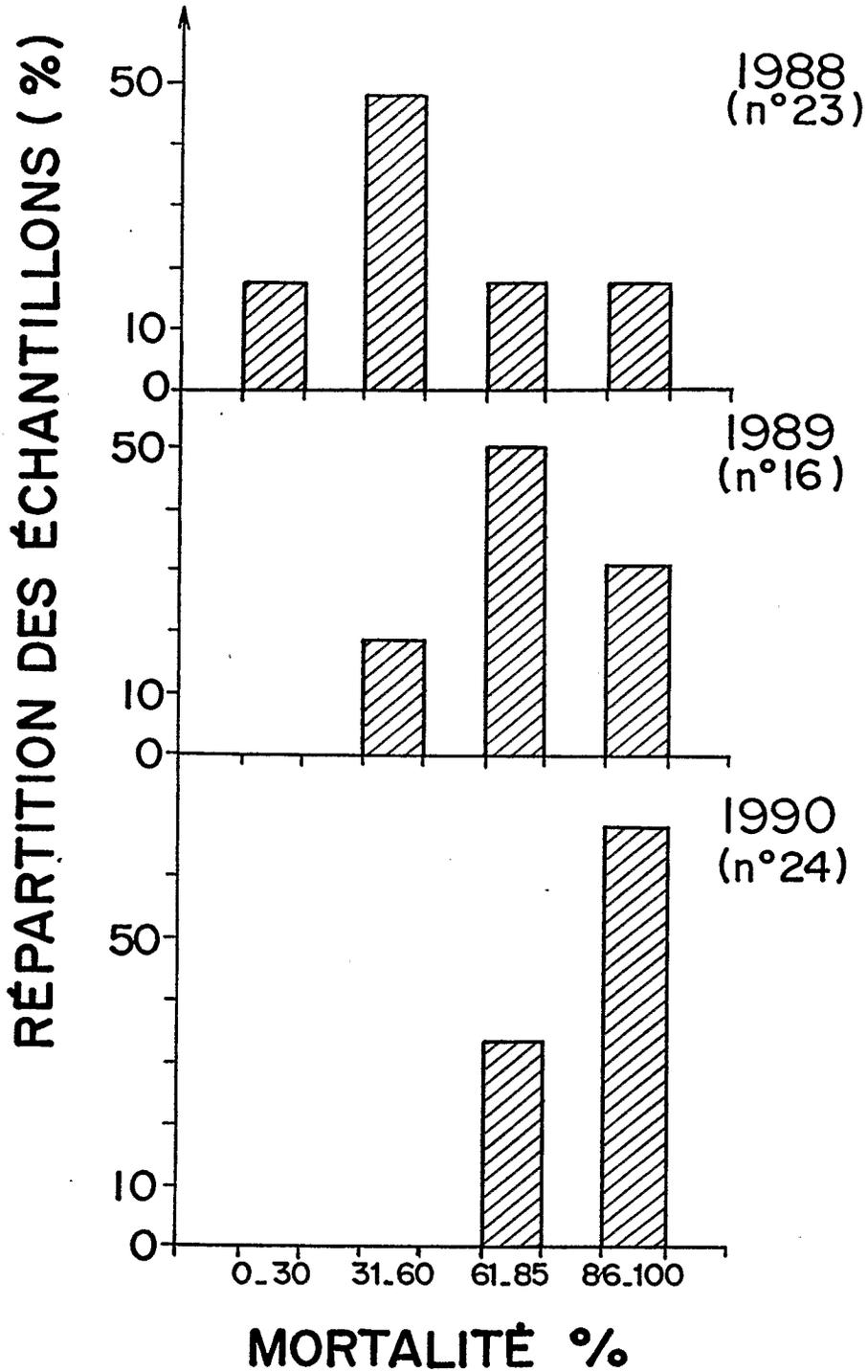


Figure 2 : Régression de la résistance dans la région de Poindimié

contre, les populations composées essentiellement d'individus sensibles (peu nombreuses en 1988), sont devenues largement majoritaires en 1990.

#### **- Région de Touho (Fig. 3) :**

Un échantillonnage très complet de cette région a été fait dès 1988, où près de 6 000 scolytes provenant de 44 souches différentes ont été testés par l'une ou l'autre des méthodes de laboratoire. Le niveau de résistance atteint par la plupart des populations était en général très faible ce qui a justifié de poursuivre les traitements à l'endosulfan.

En 1988, 81,1 % des populations testées avaient une mortalité comprise entre 86 et 100 % à 400 ppm d'endosulfan.

En 1989, l'évolution vers l'acquisition de résistance semble se confirmer, mais le nombre d'échantillons disponibles ayant été trop faible (11), il est souhaitable de se référer aux données recueillies en 1990 pour tirer des conclusions sur l'évolution de cette région.

En 1990 la proportion d'échantillons sensibles ou ayant acquis un faible niveau de résistance, a très légèrement diminué, passant de 81,1 % à 75 %. Par contre, quelques uns des champs dont les populations présentaient un niveau moyen à faible de résistance en 1988 ou 1989, se retrouvent avec un niveau élevé de survie à la dose de 400 ppm. Ces échantillons, absents lors des études effectuées en 1988, représentent 12,5 % en 1990. Pour ces champs, l'endosulfan ne devrait plus avoir d'efficacité sur les populations de scolytes et ce composé devrait être remplacé par le fénitrothion.

## **4 CONCLUSION**

Les études faites sur l'évolution des résistances dans les différentes régions ont permis de mieux cerner l'incidence du remplacement de l'endosulfan par le fénitrothion. Dans les régions de Poindimié et de Ponérihouen où ont été adoptées les nouvelles mesures de contrôle des populations au début du programme de recherche (1988) nous observons un effet très positif du remplacement de l'endosulfan par le fénitrothion :

**- Région de Ponérihouen :** la proportion des champs présentant des populations très résistantes à l'endosulfan passe de 24% en 1988 à 0% en 1990. Inversement la proportion des champs présentant des populations très faiblement résistantes passe de 16% en 1988 à 60% en 1990. Il y a donc eu régression du niveau de résistance constaté au début de nos travaux.

**- Région de Poindimié :** la part des champs qui appartiennent à la 1ère catégorie (population résistantes) passe de 17,4% en 1988 à 0% en 1990. Si l'on considère les populations de la 2ème catégorie (très peu résistantes), la proportion passe de 17,4% en 1988 à 67,7% en 1990.

# RÉGION DE TOUHO

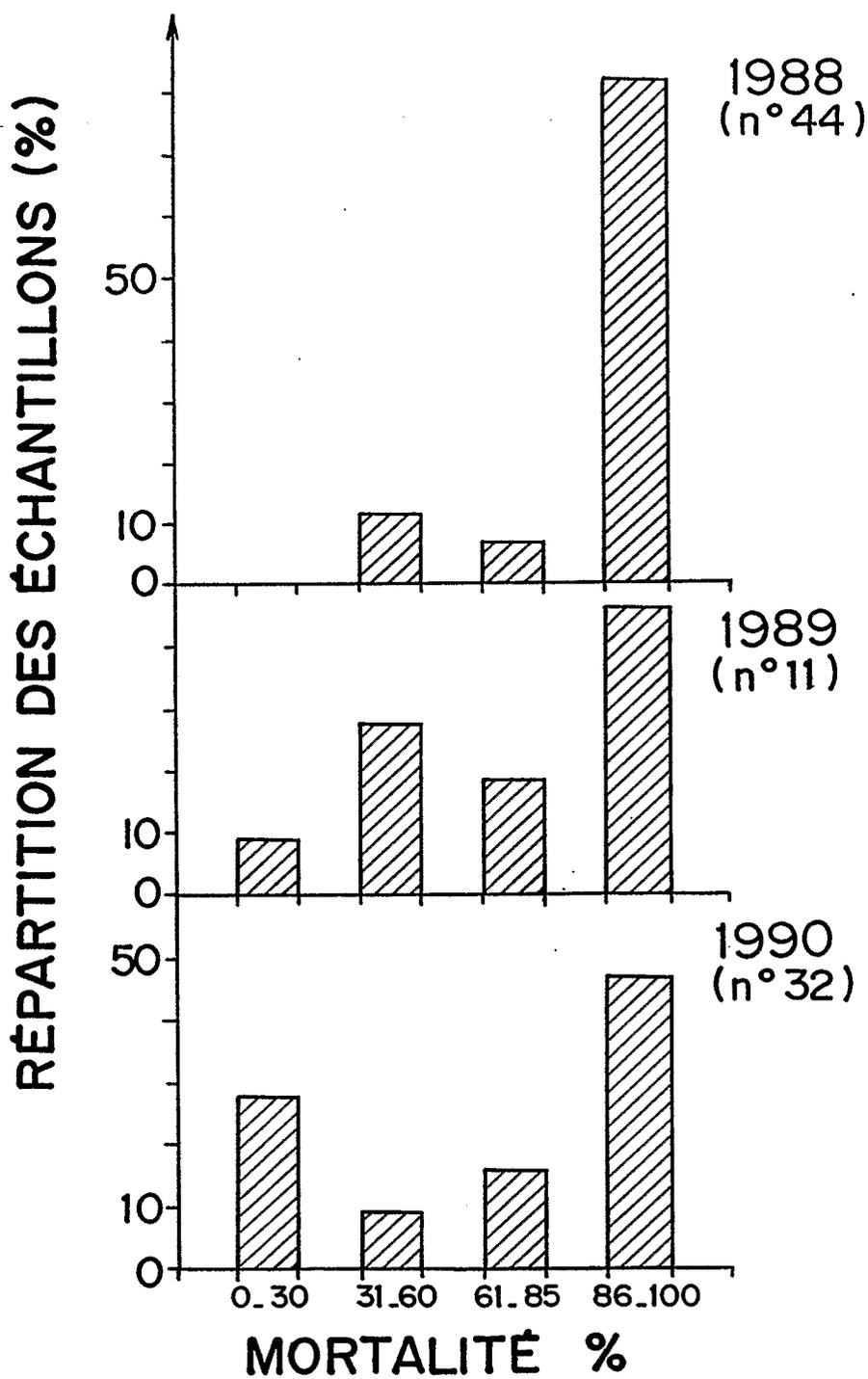


Figure 3 : Augmentation de la résistance dans la région de Touho

Cette régression du niveau de résistance à l'endosulfan dans les deux grandes régions productrices de café du Territoire est un résultat très positif dont il convient de suivre l'évolution au cours des prochaines années. En effet la rapidité du phénomène de réversion de la résistance à l'endosulfan peut varier en fonction de son niveau initial.

Si cette évolution se poursuit on peut imaginer, à moyen terme, que les populations identifiées comme résistantes au début des travaux menés par l'ORSTOM seront constituées essentiellement d'individus sensibles à l'endosulfan. Dans ces conditions, il pourrait être envisageable de recourir, de façon ponctuelle et momentanée, à ce composé qui demeure le plus efficace en l'absence de phénomène de résistance. Cette possibilité permettrait notamment d'éviter que le fénitrothion ne soit systématiquement utilisé. Des études complémentaires sur d'autres produits de remplacement de l'endosulfan devraient permettre d'élaborer un programme de rotation des insecticides actifs contre le scolyte du café. Cette stratégie de lutte devrait éviter ou retarder les risques de voir apparaître une nouvelle résistance au fénitrothion.

# **II- INCIDENCE DU TRAITEMENT ET DU TYPE DE PLANTATION SUR L'EVOLUTION DU NIVEAU DE RESISTANCE DE DIFFERENTES POPULATIONS DE SCOLYTES**

## **1 INTRODUCTION**

Après la mise au point d'une méthode de détection rapide des individus résistants au sein d'une population récoltée sur le terrain, nous nous sommes attachés, en 1989, à établir une cartographie de la résistance à l'endosulfan dans les différentes régions productrices de la Province Nord et de la Province Sud.

Grâce à cette méthode de détection rapide nous avons ensuite étudié, d'une façon détaillée, l'évolution du niveau de résistance de nombreuses populations de scolytes dans les principales régions productrices soumises à des traitements insecticides différents. Nous avons ainsi pu démontrer (chapitre précédent) la régression du niveau de résistance dans les régions de Ponérihouen et de Poindimié traitées au Folithion depuis deux années.

Dans la présente étude nous avons sélectionné dans chaque région des plantations dans lesquelles les populations de scolytes avaient acquis un niveau variable de résistance. Ces populations ont ensuite été échantillonnées de façon régulière dans le temps ou selon des transects pratiqués perpendiculairement aux points d'applications des insecticides.

Ces champs étaient soit des plantations intensives de type "ensoleillé", soit des plantations traditionnelles, "ombragées". A chaque fois que cela a été possible (en fonction des recèpages et abandons de parcelles) les populations ont été suivies sur trois années consécutives.

Nous avons ainsi pu aborder l'influence des facteurs opérationnels sur la dynamique de la résistance à l'endosulfan.

## **2 CARACTERISTIQUES DES POPULATIONS ETUDIEES**

### **2.1. Evolution de la proportion de phénotypes résistants au cours d'une même campagne de production**

Cette étude s'est déroulée de mars à juillet 1990. Trois prélèvements de cerises scolytées ont été faits à deux mois d'intervalle et les échantillons ramenés au laboratoire de Nouméa pour permettre aux populations vivant à l'intérieur des cerises de terminer leur cycle, les tests nécessitant une grande quantité d'adultes.

Le champ choisi (TO 0304) pour le suivi du niveau de résistance d'une population de scolytes au cours d'une même campagne de production se trouve dans la région de

Touho, dans la vallée de la Tiwaka. Cette parcelle "ensoleillée" est caractérisée par sa forme très allongée (20-25 m de large sur environ 200 m de long), la route d'accès bordant l'un des petits côtés. Lors des traitements insecticides, seuls les premiers arbres sont correctement couverts par le produit de traitement alors que le reste de la parcelle correspond plus à un champ "non traité". Au fond de la parcelle se trouve une maison avec une petite aire de séchage des cerises après récolte.

Les échantillons de cerises ont été prélevés au bord de la route, puis à 40, 80, 120, 160 et 200 m. La dose de 400 ppm a été appliquée au laboratoire sur les populations de scolytes récupérées des échantillons de cerises, selon la méthode proposée à la FAO pour déterminer la présence ou l'absence d'individus résistants au sein d'une population. Cette méthode a ensuite été utilisée pour suivre, au cours d'une même saison, les variations de la proportion des phénotypes résistants provenant de lots de cerises prélevées à la même distance par rapport au lieu du traitement. Excepté deux échantillons (sur 18) pour lesquels les populations ont été trop faibles, les tests ont porté sur 60 à 94 femelles.

## **2.2. Incidence des traitements au Thiodan sur plusieurs populations de scolytes ayant acquis un début de résistance**

Pour cette étude, trois populations de scolytes ont été suivies au cours des deux ou trois dernières campagnes, selon les possibilités que nous avons eu d'effectuer des prélèvements réguliers de cerises scolytées. Certains champs, trop faiblement attaqués, n'ont pas permis de réunir suffisamment de matériel pour les tests, dans d'autres cas le recépage total ou partiel de certaines parcelles nous a contraint à nous limiter au suivi des populations sur seulement deux années.

Sur ces divers champs où des individus résistants avaient été détectés par le passé, nous avons maintenu l'usage du Thiodan afin d'étudier l'incidence de la poursuite de l'usage de cet insecticide sur l'évolution des populations résistantes. Les résultats des travaux réalisés sur ces quelques champs ont ainsi pu être comparés à ceux obtenus dans les deux grandes régions productrices de Ponérihouen et de Poindimié, par le remplacement de l'endosulfan par le fénitrothion.

### **2.2.1. Plantation de type ensoleillé :**

Cette plantation (PN0103) se trouve au sud de la région de Ponérihouen, dans la vallée de la Néavin. Cette vallée est limitrophe de celle de Houailou où le Thiodan a, jusqu'à présent été maintenu. De taille classique (environ 1/4 ha) cette parcelle n'est accessible que par un seul côté d'une vingtaine de mètres de large alors que sa longueur est d'environ cent mètres.

Diverses études ont pu être menées sur les populations de scolytes de ce champ ces trois dernières années :

**a) Etude de la réponse des populations à des doses croissantes d'endosulfan (régression concentration / mortalité) :**

Au cours des trois dernières années des échantillons de cette population ont été soumis à 7 ou à 9 concentrations de 50 à 10 000 ppm d'endosulfan. Cette gamme de concentrations a été retenue pour couvrir d'une part la dose de 400 ppm qui nous permet de séparer les individus résistants des sensibles et d'autre part celle de 7 000 ppm qui correspond à la dose utilisée sur le terrain.

Ces prélèvements ont été faits en 1988 et 1989 aux deux extrémités du champ (bord de la route et 112,5 m de celle-ci). En 1990 la population du bord de route n'a pu être comparée qu'à celle prélevée à 42,5 m, le fond du champ au-delà de cette distance ayant été recépé.

**b) Etude des phénotypes résistants selon un transect :**

Cette étude a consisté à soumettre des scolytes récoltés selon un transect perpendiculaire à la route d'accès, à la dose discriminante de 400 ppm qui sépare les individus sensibles des résistants.

En 1988 et 1989, des prélèvements de cerises scolytées ont été effectués tous les cinquièmes rangs afin que le niveau de résistance des populations de scolytes à l'intérieur du champ puisse être déterminé avec précision puis suivi après plusieurs traitements au Thiodan.

Les deux premières années, 10 puis 12 échantillons ont été évalués. Par contre, en 1990, du fait du recépage des deux tiers du champ, seuls les cinq premiers échantillons ont pu être récoltés puis testés.

**2.2.2. Plantations de type traditionnel, ombragé :**

Deux plantations traditionnelles de la région de Touho ont été suivies entre 1988 et 1990 pour mettre en évidence l'évolution du niveau de résistance de leurs populations de scolytes après plusieurs traitements au Thiodan.

Ces deux populations, situées à Ouéhava ( TO 0405) et à Pombei (TO 0206), ont été testées au cours des trois années consécutives. Les tests, menés sur 8 à 9 concentrations d'endosulfan, portaient en moyenne sur 45 à 120 femelles par concentration. La méthode de la Tour de Potter a été retenue pour cette étude.

### **2.3. Incidence des traitements au Folithion sur plusieurs populations de scolytes ayant acquis un début de résistance**

Après avoir suivi l'incidence de la poursuite de l'usage du Thiodan sur certaines parcelles où un début de résistance avait été détecté, nous avons étudié le phénomène inverse (suppression de l'usage de ce produit) afin d'approfondir notre compréhension du phénomène de régression mis en évidence dans le précédent chapitre. Cette situation correspond à celle recommandée pour les deux grandes régions productrices de café de la Province Nord : Ponérihouen et de Poindimié.

Une plantation intensive de type ensoleillé et une plantation traditionnelle sous ombrage ont été suivies pendant trois campagnes de production pendant lesquelles tous les traitements ont été effectués au Folithion.

#### **2.3.1. Plantation de type "ensoleillé" :**

Une seule plantation de ce type (PO 0104) a pu être suivie. Au début de l'étude de cette population de scolytes cette plantation était déjà en cinquième année de production. Elle a donc été recépée en fin 1989 ce qui a limité le suivi des résistances à deux années.

Cette plantation "ensoleillée" avait 50 mètres de profondeur. Au-delà de cette parcelle se trouvait une vieille plantation traditionnelle de type ombragé. Les deux zones ("ensoleillée" et "ombragée") de cette plantation furent échantillonnées en trois points: La première ("ensoleillée") fut étudiée à 0 m, 25 m, 50 m de la route d'accès, la seconde à 75 m, 100 m et 125 m de la route. La plantation traditionnelle ne fut pas recépée, de même que quelques arbres en bordure et au fond du champ "ensoleillé" (positions à 0 m et 50 m).

Ainsi nous avons pu suivre un transect sur trois années après l'abandon de l'endosulfan.

#### **2.3.2. Plantation traditionnelle, ombragée :**

Cette plantation (PN 1401), située dans la vallée de la Nimbaye, à Napoepa, a une centaine de mètres de longueur.

Depuis fin 1988 les traitements effectués à partir de la route d'accès sont pratiqués, comme pour le reste des plantations de cette région, avec du fénitrothion.

L'étude "cartographie de la résistance" effectuée en 1988, avait permis d'établir un faible taux de résistance des populations de scolytes provenant de cette plantation.

Les réponses à différentes concentrations d'endosulfan de la population de scolytes en bordure de champ ont été suivies au cours des trois dernières campagnes. De même, la dose discriminante de 400 ppm a été utilisée pour étudier, selon un transect, le pourcentage d'individus résistants parmi des populations prélevées en bordure de route, puis à 20, 40, 60, 80 et 100 m de ce point.

### **3 RESULTATS**

#### **3.1. Evolution des phénotypes résistants au cours de l'année**

Ce champ (TO 0304) a été retenu essentiellement à cause de sa forme très allongée ce qui pouvait laisser espérer mettre en évidence de façon encore plus claire que dans les études passées le phénomène de sélection pour la résistance par migration des individus résistants.

Comme dans tous les champs suivis jusqu'à présent nous retrouvons une distribution typique avec une proportion importante d'individus résistants en bordure de route (à 0 m), celle-ci variant de 58 % en mars à 67 % en juillet (fig. 4). A 40 m de la route, l'évolution de la proportion de phénotypes résistants est encore plus importante entre mars et juillet : elle passe de 12 à 47 % de résistants. De 80 à 200 m de la route les variations observées sont beaucoup plus faibles, la majeure partie de la population demeurant sensible à l'endosulfan. Dans cette partie du champ les individus résistants représentent de 0 à 20 % de la population.

La figure 4 montre également que les transects des populations récoltées en mars et mai sont semblables, alors que celui obtenu à partir des cerises récoltées en juillet comporte, essentiellement en bordure de route et à 40 m de distance, une proportion croissante d'individus résistants. On note également en Juillet une présence d'individus résistants près de la maison et de l'aire de séchage qui la borde, à 200 m de la route.

#### **3.2. Incidence des traitements au Thiodan**

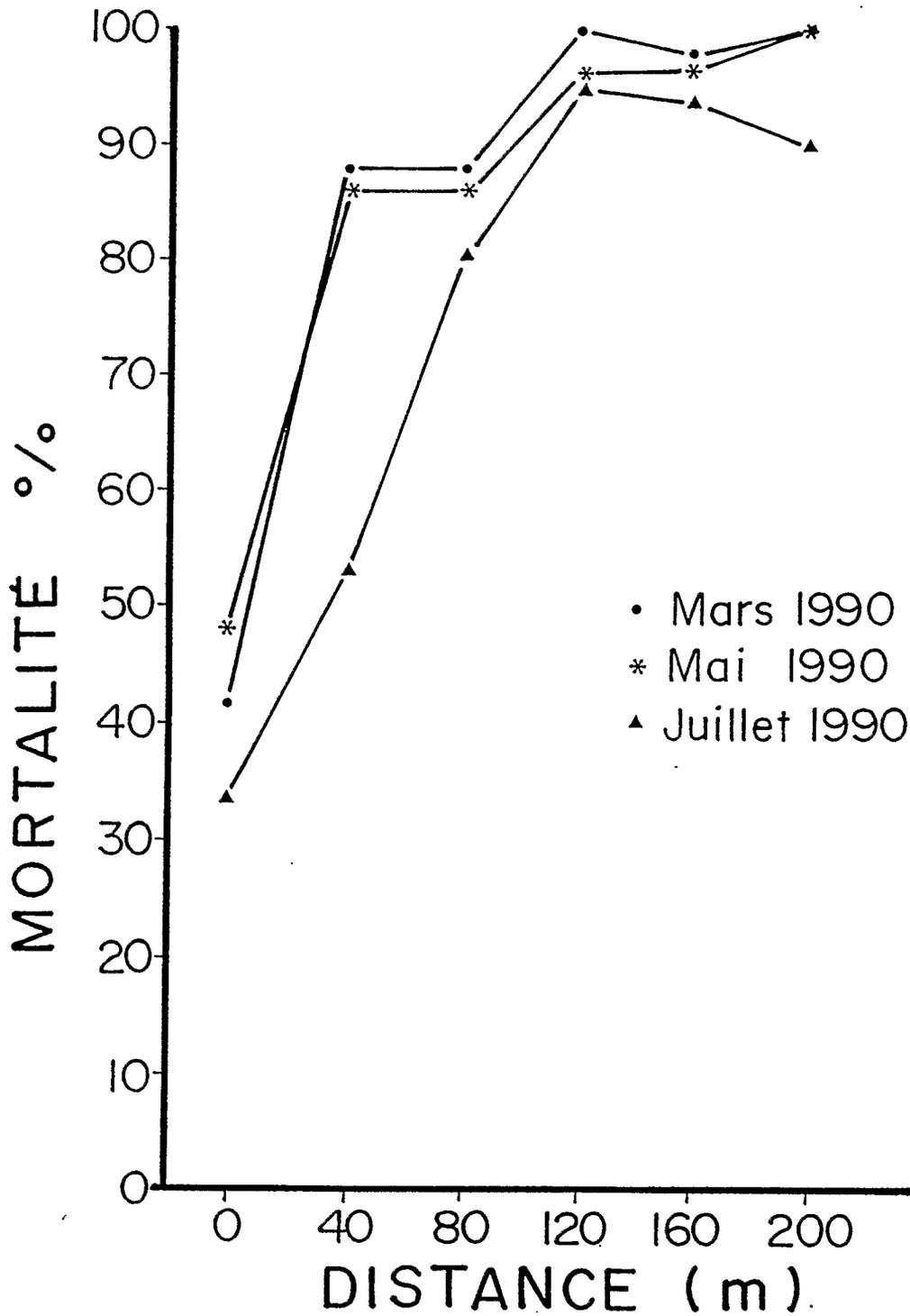
##### **3.2.1. Réponse des populations à des doses croissantes :**

###### **a) Plantation de type "ensoleillé" (PN 0103) :**

- Population du bord de route (Fig. 5) :

Dès 1988 les scolytes récoltés en bordure de la route (lieu d'où sont effectués les traitements insecticides), se révèlent très résistants à l'endosulfan. Une concentration de 100 ppm, qui est normalement fatale pour plus de 90 % des individus sensibles, ne provoque qu'une mortalité d'environ 10 % de la population. Une concentration cent fois plus élevée n'induit pratiquement pas d'augmentation de la mortalité ce qui montre le très haut niveau de résistance acquis par cette population. Au cours des trois années nous constatons une grande stabilité des réponses observées ce qui indique que cette population est à son stade maximum de sélection sur le terrain.

Figure 4 : Evolution des phénotypes résistants au cours de l'année



- Population en fond de champ (Fig. 6) :

En 1988 cette population est essentiellement constituée d'individus sensibles (environ 80 %), ce qui se traduit par la première partie de la droite de régression obtenue (croissance linéaire jusqu'à 100-200 ppm). Ensuite la mortalité n'augmente pas sensiblement avec l'augmentation des concentrations. Cette partie de la population réagit donc comme celle du bord de route.

En une année, environ 90 % de la population est devenue très résistante. Les augmentations de concentration d'endosulfan ne se traduisant pas par un accroissement sensible de la mortalité.

En 1990 la population du fond du champ (112 m) n'ayant pu être testée du fait du recépage au-delà de 50 m, c'est cette population située sur le bord le plus éloigné de la route d'accès qui a été étudiée. Dans ce cas nous nous trouvons en face d'une population essentiellement résistante (à 70-80 %).

L'importance des perturbations occasionnées par le recépage de la moitié du champ dans les mouvements de populations de scolytes ne peut être évaluée. De même cette population correspond plus à celle située en milieu de champ qu'à celle située à son extrémité. Seules les données recueillies lors des transects passés permettent une comparaison des résultats, les prélèvements ayant été faits à travers tout le champ.

**b) Plantations de type traditionnel, ombragé :**

La première plantation (TO 0405, fig. 7) montre une évolution régulière de la proportion de phénotypes résistants au sein de la population de ce champ. Si l'on considère le point d'infléchissement de la droite de régression comme un indicateur du pourcentage d'individus résistants, on observe que celui-ci passe d'environ 10 à 30 %, puis à 60 % de 1988 à 1990.

Contrairement aux populations provenant des champs ensoleillés où les populations prélevées en bordure de route semblaient homozygotes résistants il semble que nous trouvions dans ce champ des populations plus hétérogènes. Les concentrations élevées d'endosulfan utilisées provoquent un accroissement important de la mortalité. Celle-ci passe en effet d'environ 40 % à 100 ppm, à 90 % à 10 000 ppm.

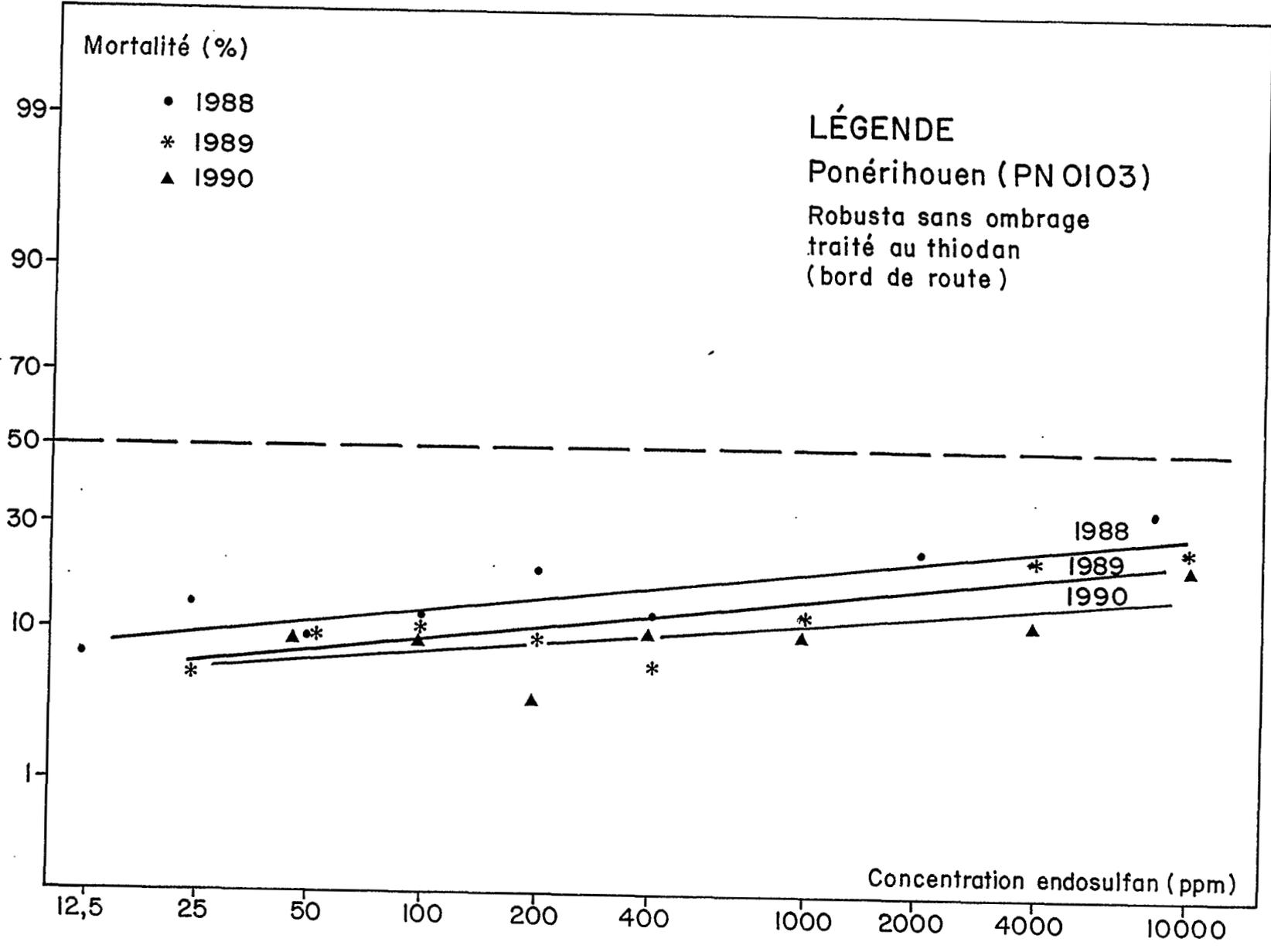


Figure 5 : Evolution de la résistance dans un champ traité au Thiodan : Droites de régression des populations de bord de route (1988-89-90)

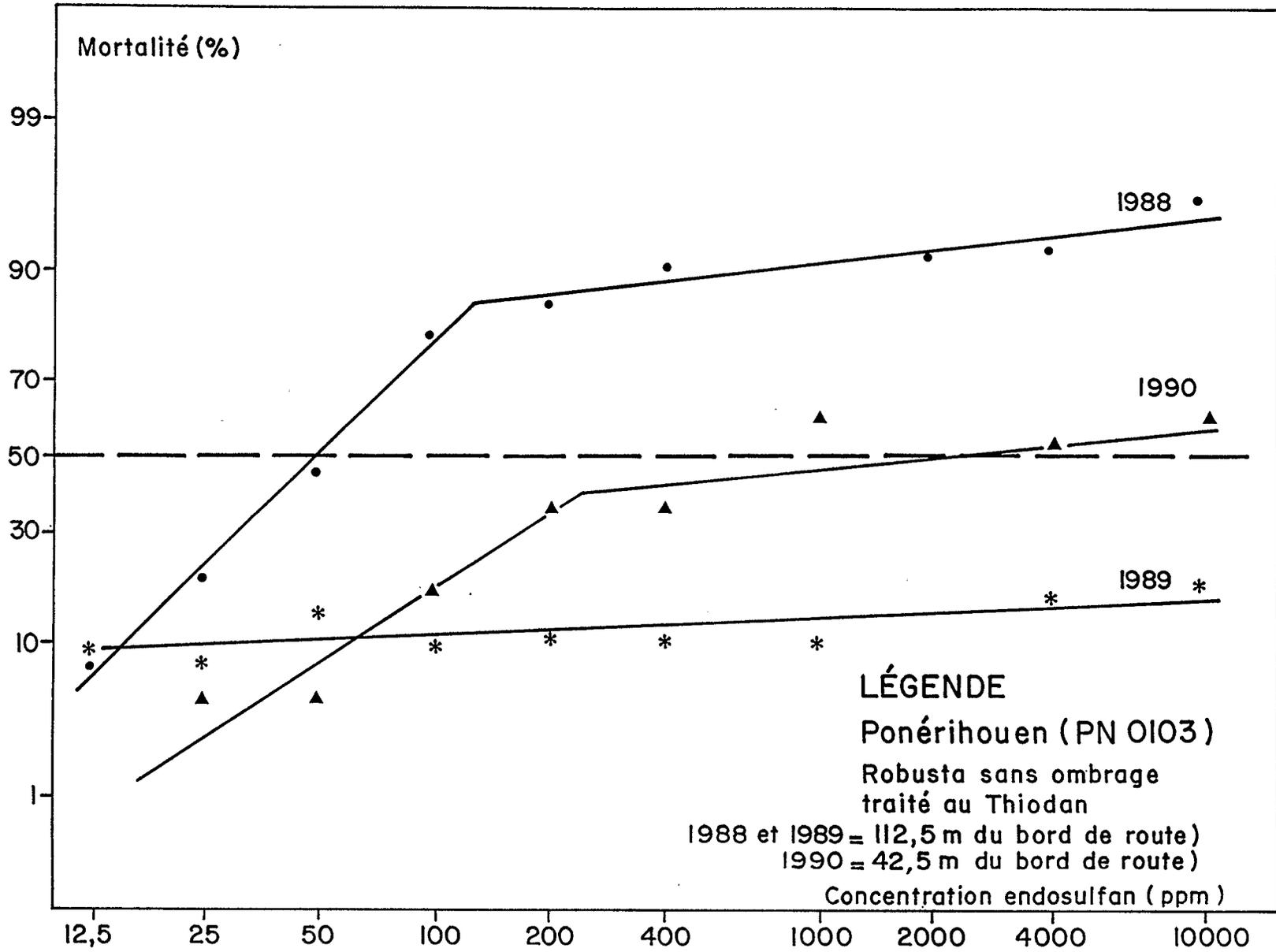


Figure 6 : Evolution de la résistance dans un champ "enseveli"  
traité au Thiodan : Droites de régression des populations  
du fond du champ (1988-89-90)

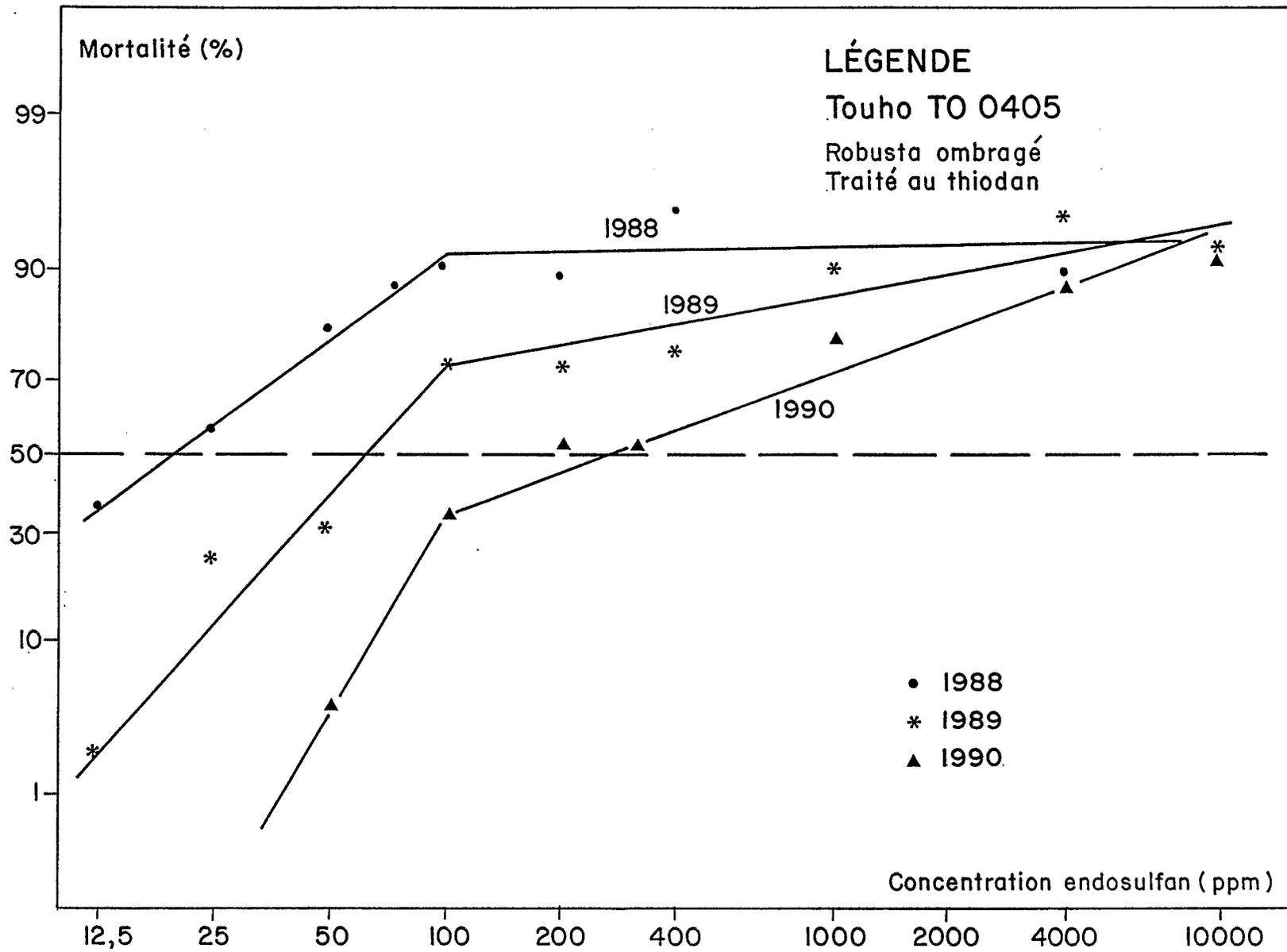


Figure 7 : Evolution de la résistance dans un champ "traditionnel" traité au thiodan: Droites de régression des populations de scoLyte (1988-89-90)

La seconde plantation ombragée que nous avons suivie (TO 0206, fig. 8) en 1988, est essentiellement composée d'individus sensibles à l'endosulfan (2 survivants sur 180 testés à 200 et 400 ppm).

Ensuite, en 1989 et 1990, la proportion d'individus sensibles est beaucoup moins importante : environ 30-40 % en 1989 et 80-85 % en 1990. Dans les deux cas il semble que les populations résistantes testées soient constituées d'individus de type homozygotes-résistants comme constaté sur les parcelles ensoleillées, en bordure de route.

### **3.2.2. Etude de la résistance selon un transect**

L'importance des populations résistantes aux abords du lieu de traitement, déterminée par l'étude des droites de régression concentrations croissantes / mortalité, se retrouve dans la très faible mortalité constatée dans les vingt premiers mètres. Cette mortalité est inférieure à 20 % à 400 ppm d'endosulfan (FIG. 9).

La première année on observe également que le fond du champ est essentiellement constitué d'individus encore sensibles. Comme lors de l'étude précédente, environ 90 % des individus meurent à 400 ppm.

Dès la deuxième année, après deux nouveaux traitements insecticides, on constate que tous les échantillons présentent une mortalité inférieure à 35 % ce qui confirme que le niveau général de résistance de la population sur tout le champ a très nettement progressé. Il semble cependant que ce soit la partie centrale du champ qui renferme encore la plus grande proportion d'individus sensibles.

En 1990 nous retrouvons une légère augmentation de la proportion des individus sensibles quand on s'éloigne de la route. Ces populations correspondent en fait à celles du premier tiers du champ, avant son recépage (mortalité de 37,3 % à 42 m de la route).

### **3.3. Incidence du traitement au Folithion sur plusieurs populations de scolytes résistants à l'endosulfan**

#### **3.3.1. Réponses des populations prélevées selon un transect**

##### **- Plantation mixte (PO 0104) :**

En 1988, trois échantillonnages ont été effectués sur chacune des zones ("ensoleillée" ou "ombragée" de la plantation PO 0104) et les scolytes soumis à une gamme de concentrations allant de 12,5 à 10 000 ppm. En 1989, quatre des six lieux de prélèvements ont pu fournir suffisamment de cerises scolytées pour que les tests puissent être réalisés.

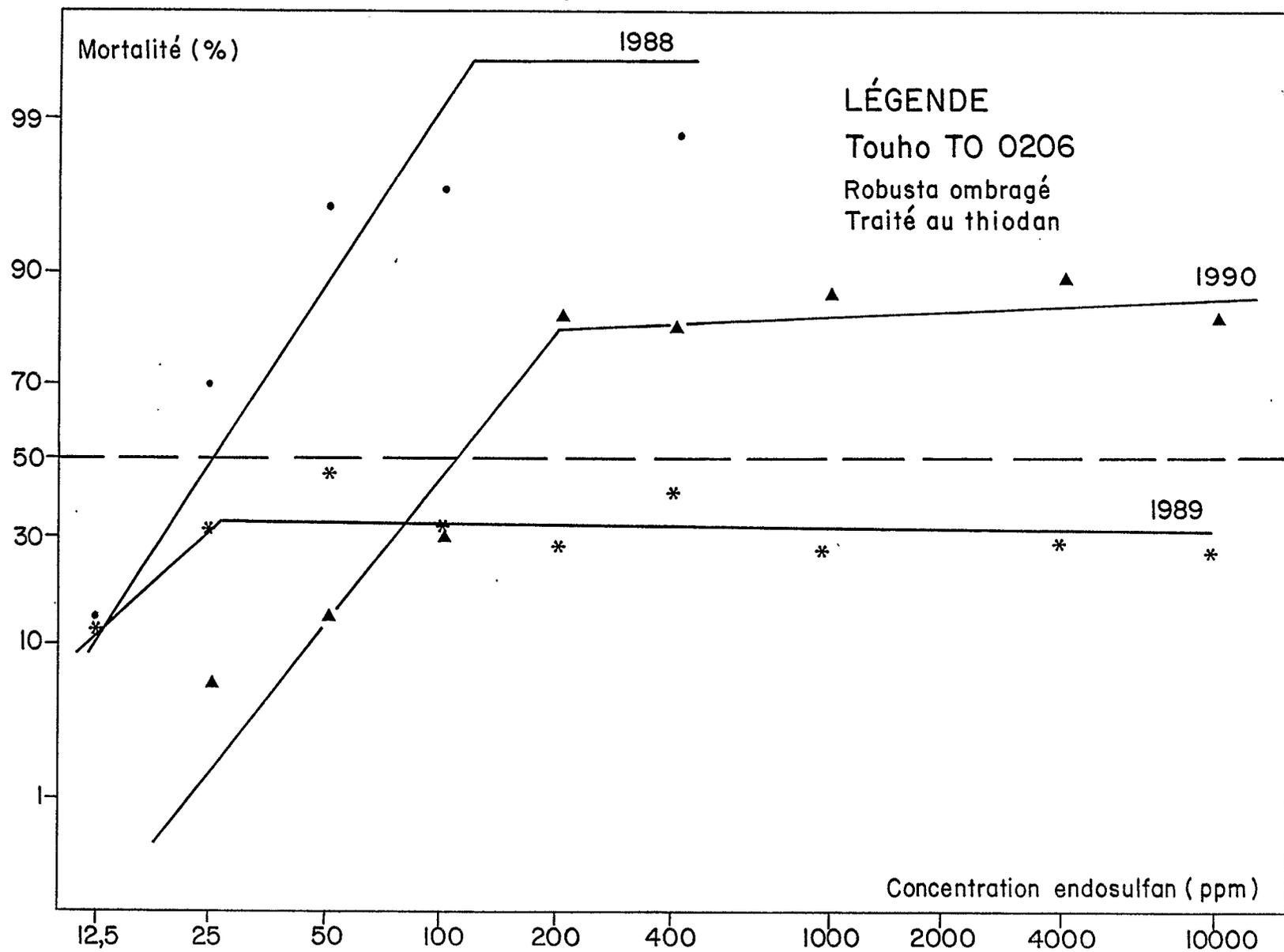
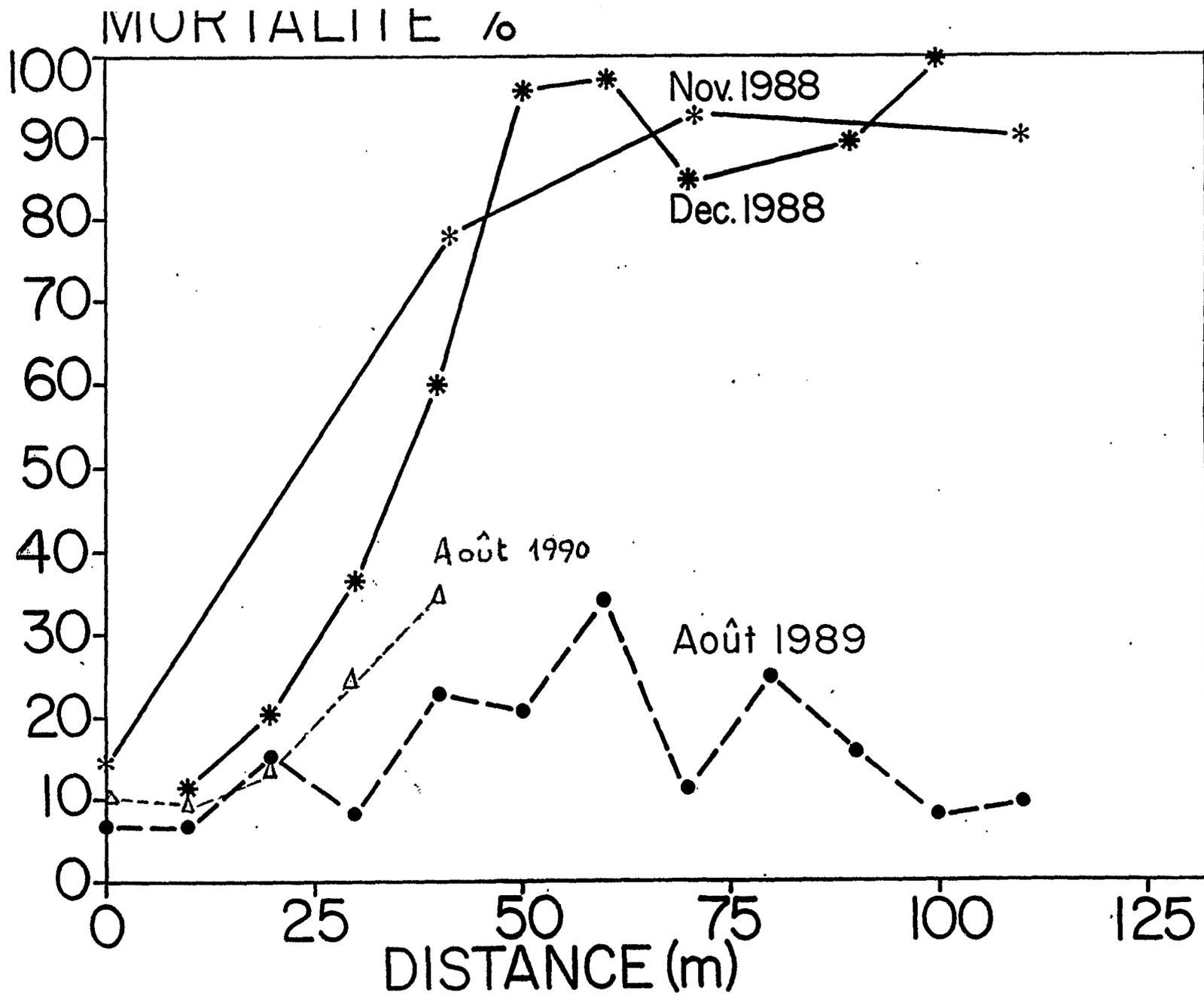


Figure 8 : Evolution de la résistance dans un champ "traditionnel" traité au Thiodan: Droites de régression des populations de scolyte (1988-89-90)



9 : Etude de la résistance selon un transect (Champ "ensoleillé")

Deux échantillons provenant de chacune des zones de la plantation ont pu être étudiés (0 m, 25 m, 75 m, 100 m). En 1990 les populations que nous avons pu récolter et étudier se trouvaient à 0 m, 50 m, 75 m et 100 m.

En première année, avant l'usage du Folithion, les réponses des populations situées en bordure de route et à 25 m (Fig. 10 et 11), sont très semblables à celles observées sur la parcelle de même ancienneté, étudiée précédemment dans la vallée de la Néavin (PN 0103).

Ces populations se rapprochent d'une souche homozygote résistante. Dans la parcelle traditionnelle adjacente, en fond de plantation (Fig. 12 et 13), le niveau de résistance est beaucoup moins important.

Après une année d'abandon du Thiodan nous constatons une régression générale du pourcentage d'individus résistants sur tous les points échantillonnés. Cette diminution correspond à une perte de résistance de 20 à 30 % environ par rapport à la population d'origine.

A l'issue de deux années sans traitement au Thiodan, seul le bord du champ semble abriter une population encore assez résistante (53 à 63 % de mortalité à 400 ppm, figures 10 à 13 et tableaux annexes). La mortalité observée sur les populations provenant de tous les autres points est supérieure à 85 % ce qui indique une certaine réversion du phénomène de résistance.

Cette évolution au cours des trois campagnes se retrouve également dans les résultats du transect (testé à 400 ppm d'endosulfan, Fig. 14) qui montre, à partir de 50 m de la route, un plateau avec moins de 10 % d'individus résistants.

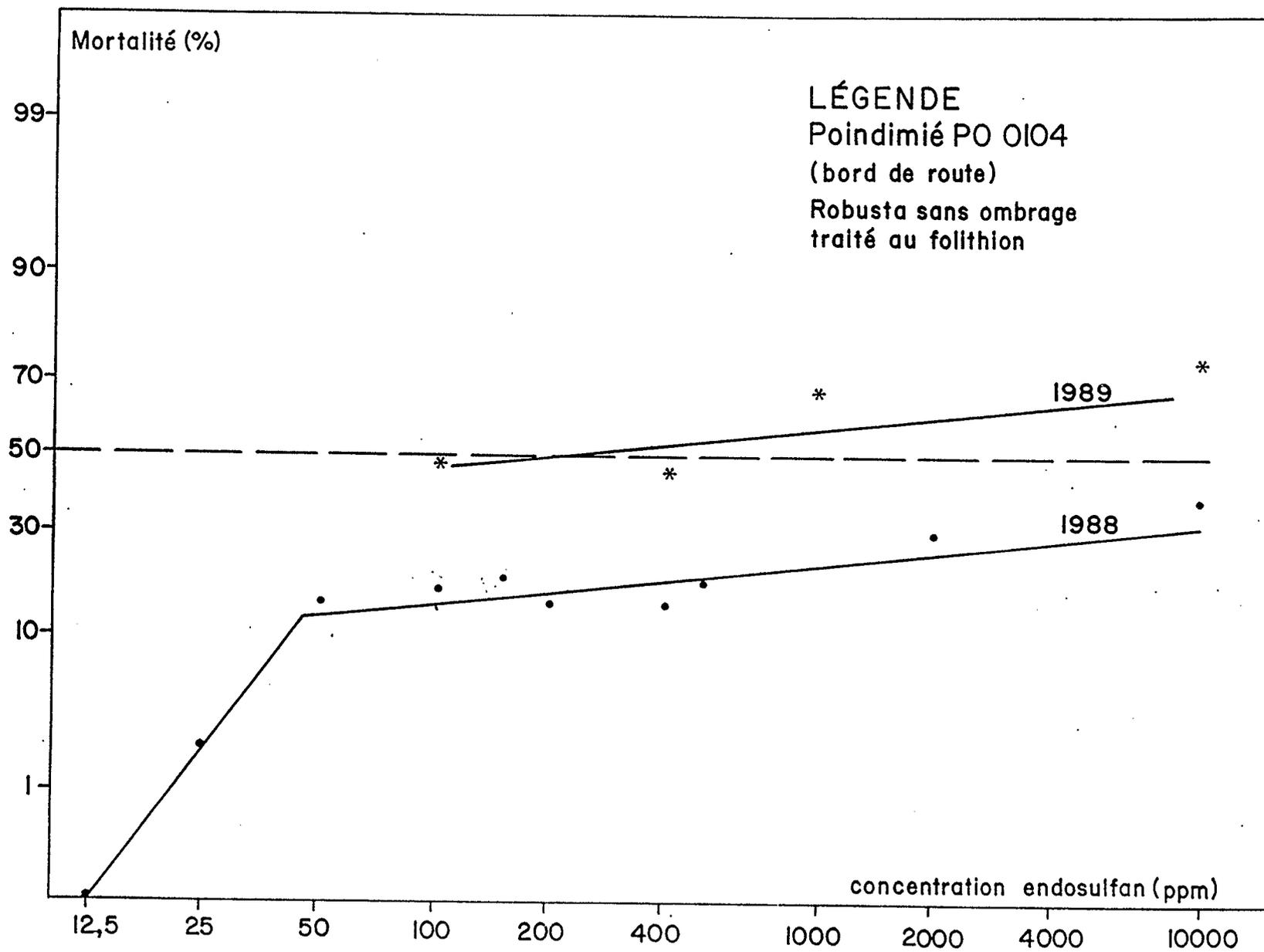
#### **- Plantation traditionnelle (PN 1401) :**

Au cours de la première prospection, en 1988, nous avons constaté que le niveau de résistance de cette population était relativement bas, la mortalité observée étant d'environ 70 % à 400 ppm (Fig. 15).

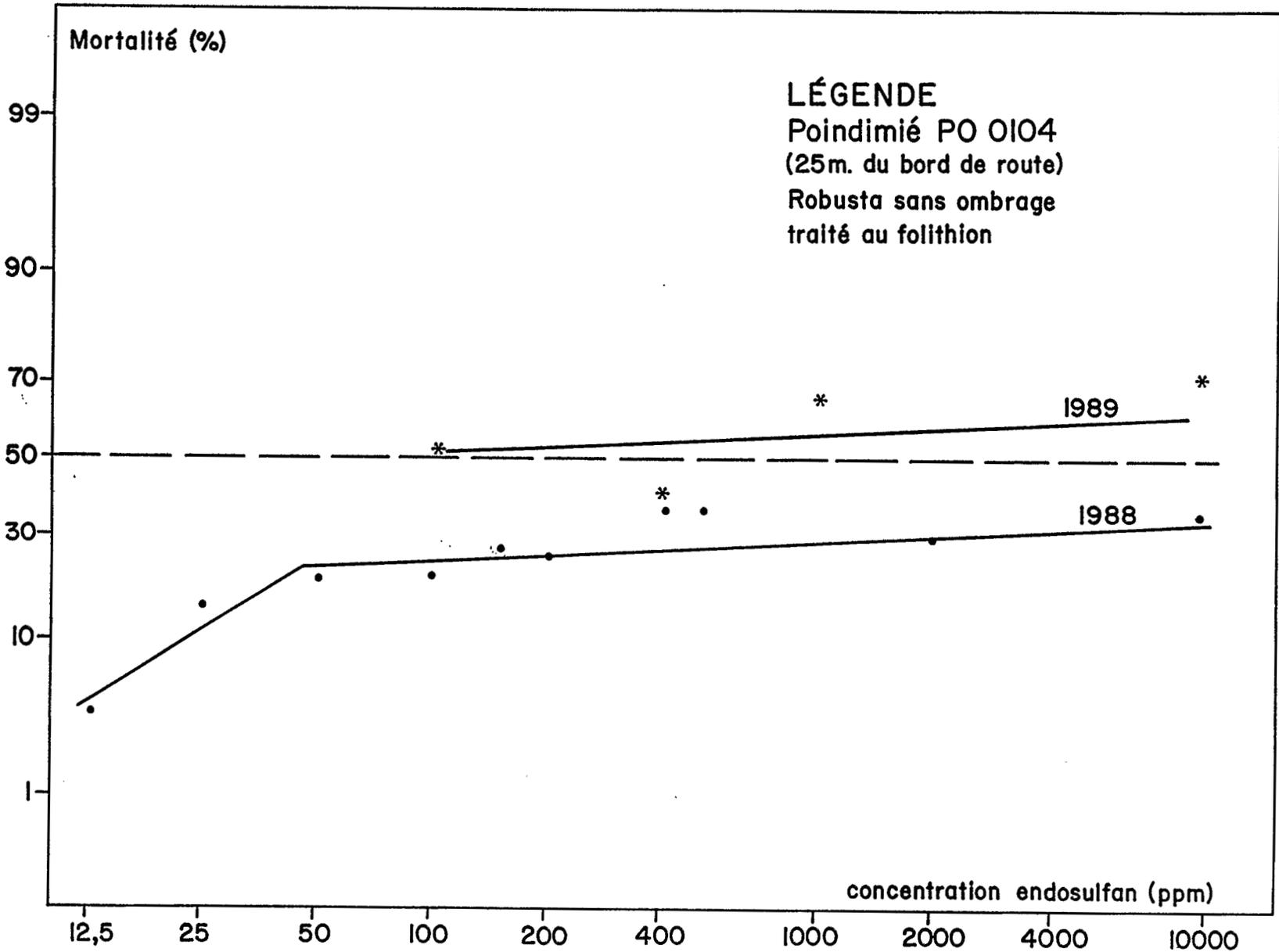
Par rapport à la plantation précédente, l'étude de la distribution de la résistance à l'intérieur du champ montre une plus grande similitude des niveaux de résistance quand on s'éloigne de la route d'accès.

Le remplacement de l'endosulfan par le fénitrothion s'est également traduit par une baisse de la résistance sur tous les échantillons prélevés, du bord de la route à 100 m de celle-ci (Fig. 15). Les six populations testées à 400 ppm ont un niveau de résistance inférieur à 10 % alors qu'il se situait

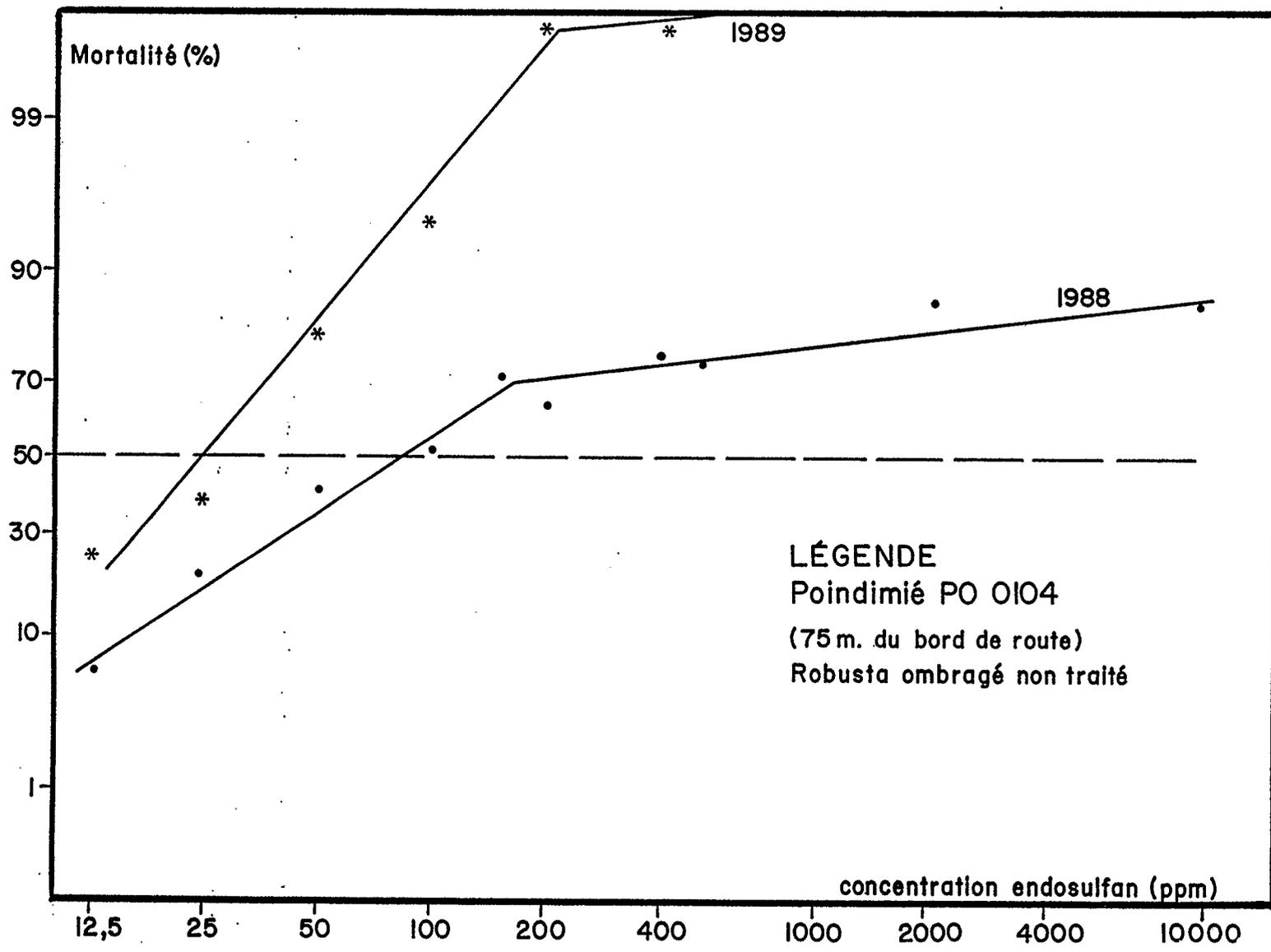
10 : Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations du bord de route)



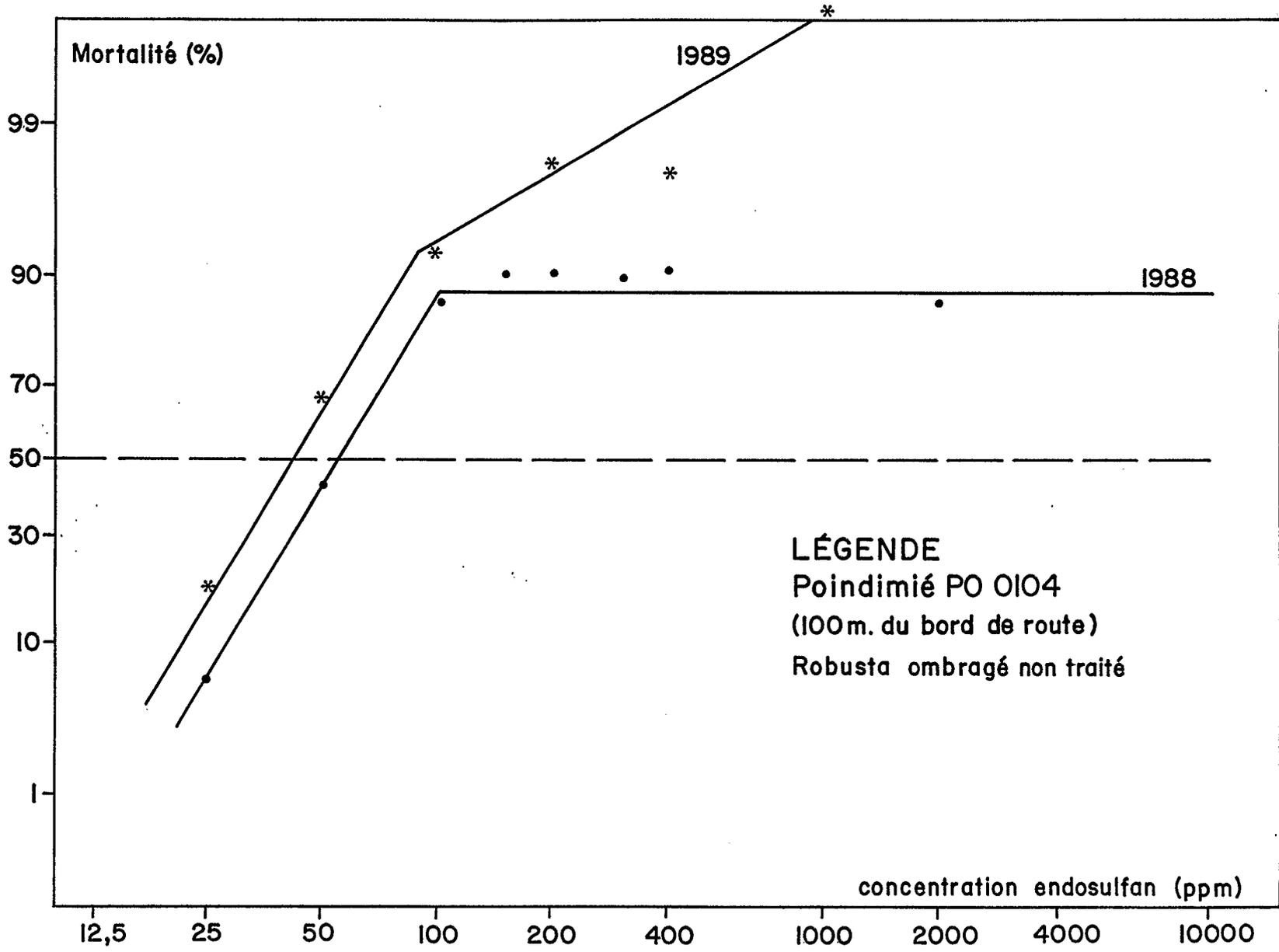
11) Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 25 m de la route)



12) Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 75 m de la route)



13) Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folithion en 1988 et 1989 (populations à 100 m de la route)



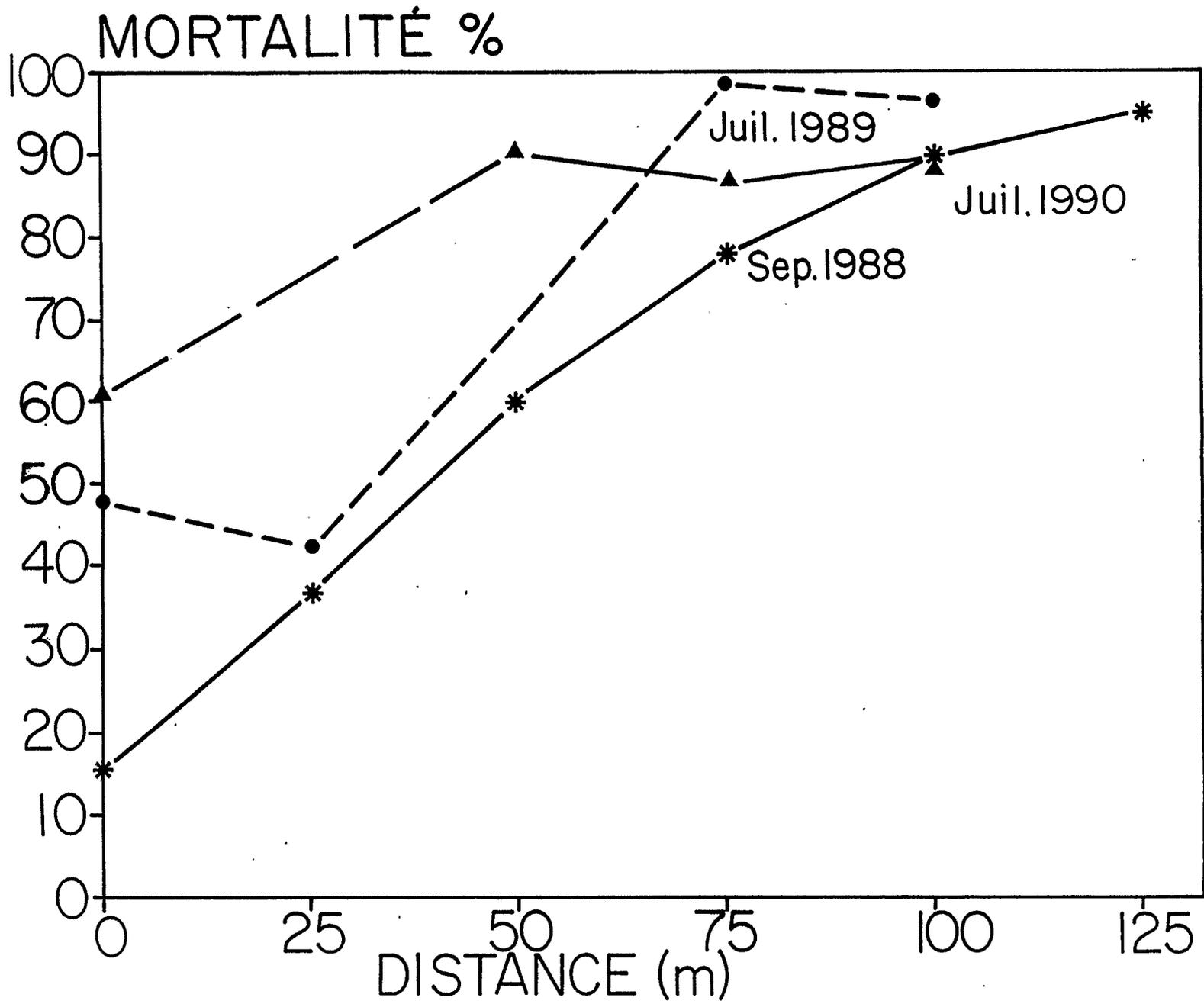
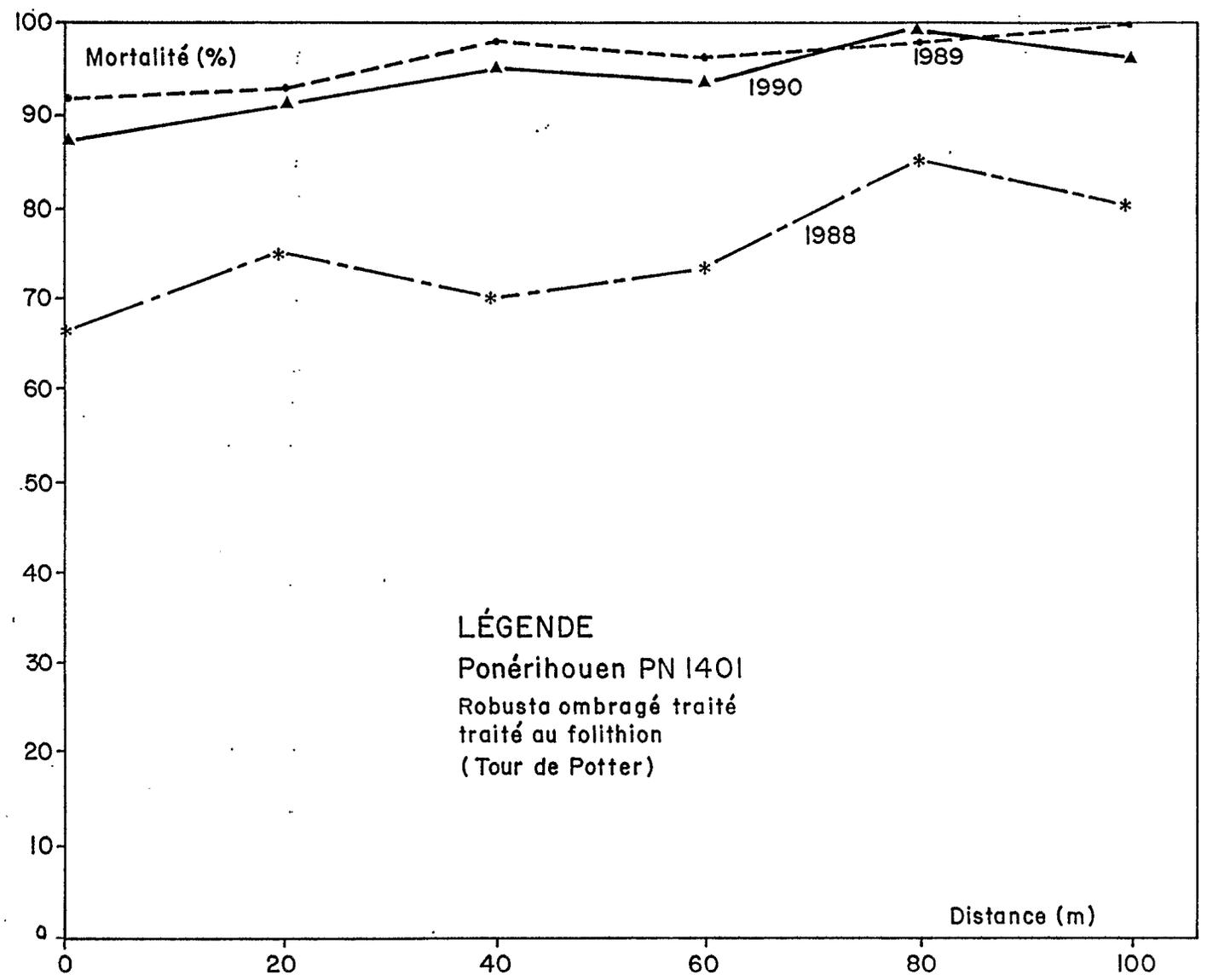


Figure 14 : Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traité au Folthion (transects réalisés en 1988 et 1989)

Figure 15 a: Etude de la régression de la résistance à l'endosulfan dans un champ traditionnel traité au Folithion (transects réalisés en 1988 et 1989)



entre 20 et 30 % en 1988, avant que ne soit abandonné l'endosulfan dans cette région.

#### 4 DISCUSSION

##### - Variations au cours de l'année:

Les résultats de distribution du cline de résistance observé en mars, mai et juillet sont très proches les uns des autres. Dans le fond du champ (80 - 200 m), c'est-à-dire hors de la zone d'atteinte par les traitements insecticides classiques pratiqués par la Filière Café (traitement à l'atomiseur BSE), nous notons que le niveau de résistance est faible et très stable (entre 80 & 100 % de mortalité à 400 ppm). Ceci semble indiquer que les mouvements de population à l'intérieur du champ ou les apports d'individus sensibles provenant des plantations abandonnées aux alentours sont minimes.

Par contre, les traitements réguliers depuis le bord du champ ont augmenté, année après année le niveau de résistance observé en début de champ, comme constaté par ailleurs. Comme nous l'avons développé dans le chapitre relatif aux traitements insecticides (Chapitre 3), la pression de sélection exercée par les traitement est maximum dans les 20 premiers mètres, le long des routes d'accès. Il est probable que dans cette zone, chaque traitement élimine une proportion des individus sensibles (les adultes présents dans les cerises), laissant survivre les larves sensibles (observations personnelles) et une partie des hétérozygotes résistants. Pour les individus résistants qui survivent aux traitements il pourrait y avoir une augmentation préférentielle de cette dernière catégorie au cours des générations successives (de mars à juillet) ce qui explique la lente diminution du niveau de mortalité observée à 400 ppm (0 m). Enfin on peut penser que ces individus résistants, devenus aptent à survivre aux traitements insecticides, conservent néanmoins une irritabilité à de fortes doses d'insecticide (telles celles constatées au bord des routes d'accès). Cette irritabilité pourrait se traduire par une migration d'une partie de la population vers des zones plus éloignées du bord de la route provoquant ainsi un déséquilibre plus rapide au profit des individus résistants (environ 40 m).

##### - Régression concentration / mortalité :

###### Plantation de type "ensoleillé" :

Bien que ce champ ai été recépé au delà de 42 m de la route en troisième année d'étude (fin 1989), il constitue un exemple remarquable qui illustre l'effet des traitements au thiodan sur l'acquisition de la résistance au cours des années. Dès la première année d'étude nous avons constaté que le niveau de résistance était très élevé en bordure de route. Cette situation correspond à une population essentiellement homozygote résistante, l'augmentation considérable des doses utilisées ne provoquant pas d'augmentaion sensible de la mortalité (Fig. 6). Le niveau de sélection atteint est tel que la situation est stable au cours des trois année d'étude.

Par contre, dans la zone la plus éloignée de la route (112,5 m puis 42 m en 1990) nous observons une augmentation très importante de la résistance entre 1988 et 1989. En 1990 la situation ne peut être analysée faute de connaître les conséquences précises du recépage d'une partie importante du champ sur les populations étudiées.

#### **Plantation de type "ombragé" :**

L'incidence de la poursuite des traitements insecticides sur une plantation de type traditionnel est parfaitement illustrée par la figure 7 : en trois années de traitements au Thiodan nous constatons que la population "sensible" est passée de 90 % à moins de 50 %. La population homozygote résistante est elle demeurée stable, et représente 10 - 20 % des individus pendant les trois années. Dans le cas de la plantation TO 405 de Touho (Fig. 8) nous constatons qu'il y a également une diminution de la mortalité (augmentation de la résistance) bien que les variations observées entre 1989 et 1990 ne soient pas explicable, si ce n'est par une absence de traitement au début de l'année 1990. Ceci peut être le cas si les conditions météorologiques, très variables sur la côte Est n'avaient pas permis le traitement de ce champ dans le cadre du traitement de tournée de cette zone.

Le fait que nous n'ayons pas, en 1990, un pourcentage de femelles résistantes aussi important ou plus important qu'en 1989 peut être également dû à un problème d'échantillonnage. Il est souvent très difficile de trouver des cerises scolytées dans les plantations traditionnelles. Quand celles-ci sont rares, elles sont localisées dans le champ de façon agrégative. Comme tous les transects ont montré une nette diminution du pourcentage d'individus résistants au fur et à mesure que l'on s'éloignait du bord du champ, il est possible que le prélèvement de 1990 ait été fait plus loin de la route d'accès que celui de 1989.

#### **- Incidence du traitement au Folithion en début 1989 et 1990**

La plantation PO 0104 illustre parfaitement l'évolution de la résistance quand on arrête la pression de sélection due à l'utilisation du Thiodan. Cette plantation, étudiée selon un transect à 0, 25, 75 et 100 m de la route d'accès avait un niveau particulièrement élevé de résistance en bord de route en 1988 (Fig. 11 à 13). A 0 m et à 25 m nous observons une nette régression de la résistance mais celle-ci est encore plus marquée à 75 m. A cette distance qui correspond à la vieille plantation se trouvant après la plantation ensoleillée, la proportion des individus résistants passe en une année de 30 % à environ 1 %. Ce même phénomène de régression de la résistance quand le Thiodan est remplacé par le Folithion se retrouve également sur la figure 14.

## 5 CONCLUSION

L'acquisition de la résistance en Nouvelle-Calédonie s'est faite à la suite d'une succession de campagne de traitements systématiques tout d'abord au Lindane puis au Thiodan. Nous avons montré dans une précédente étude que ces deux composés provoquaient une résistance croisée ce qui veut dire que l'effet de ces deux composés est cumulatif en ce qui concerne l'acquisition de la résistance du scolyte à l'endosulfan.

A partir d'une population présentant moins de 1% d'individus résistants, nous constatons que l'augmentation du nombre de ces individus peut être rapide si les traitements se poursuivent au Thiodan. Cette évolution peut donc se rencontrer dans le contexte d'une plantation traditionnelle comme dans celui d'une plantation ensoleillée.

Enfin la décision de remplacer le Thiodan par le Folithion dans les régions de Poindimié et de Ponérihouen a permis de provoquer une régression du phénomène de résistance à l'endosulfan. Il est maintenant essentiel de suivre ce phénomène de résistance afin d'étudier la possibilité d'avoir à nouveau, dans le futur, recours à ce composé. De toute façon un retour à l'usage de l'endosulfan ne pourra se faire que dans des conditions très contrôlées et en alternance avec d'autres produits appartenant à des groupes chimiques différents.

### **III - ETUDES SUR LES TRAITEMENTS INSECTICIDES ET LE CONTROLE DES POPULATIONS DE SCOLYTE DU CAFE:**

#### **1 INTRODUCTION**

Au cours des précédentes années nous avons pu déterminer les variations naturelles qui existaient au sein des populations sensibles du scolyte du café. Ces variations sont de l'ordre de 2 à 3 fois au niveau de la Dose Létale 50 (DL 50) en fonction de la période de l'année, de l'âge de la souche et d'autres facteurs plus difficiles à identifier.

Quand une population devenait résistante à l'endosulfan et que l'une ou l'autre des méthodes de test (Tour de Potter ou pulvérisation indirecte) était utilisée sur des échantillons différents d'un même champ, nous avons généralement observé des variations minimales d'un test à l'autre.

Pendant la dernière campagne nous avons pu effectuer plusieurs études détaillées de populations résistantes du scolytes, du café dans les deux principales régions où cette résistance s'était établie: Ponérihouen et Poindimié. Dans ces régions ont été choisies des plantations représentatives des principaux biotopes rencontrés sur la Côte Est du Territoire. Ainsi la population d'une plantation traditionnelle sous ombrage a été suivie dans la vallée de la Nimbaye alors que plusieurs populations provenant de plantations de type ensoleillé étaient suivies dans les vallées de Néavin et de la Tchamba.

Dans toutes les situations étudiées, nous avons pu établir une répartition tout à fait exceptionnelle de la résistance avec une distribution dans le champ selon un cline présentant un niveau maximum de résistance des populations de scolytes près des routes d'accès aux parcelles et une résistance moindre au fur et à mesure que l'on s'éloignait de ce point.

Bien que le schéma de cette distribution et le niveau de ces résistances variaient d'un champ à l'autre en fonction du degré de sélection ou de "l'historique" des traitements et du moment de l'apparition de la résistance sur chaque parcelle, le phénomène observé était constant.

Du fait que la résistance à l'endosulfan n'a jusqu'à présent été détectée qu'en Nouvelle-Calédonie, nous avons recherché à étudier plus particulièrement les techniques et méthodes de traitement utilisées sur le Territoire de façon à tenter d'apporter quelques éléments de réponses sur les facteurs qui auraient pu contribuer à l'émergence des souches résistantes.

Nous avons ainsi entrepris des études précises sur la répartition des gouttelettes d'insecticide sur le feuillage des caféiers, en fonction de la distance par rapport aux chemins d'accès d'où étaient pratiqués les pulvérisations.

Nous avons donc recherché par une série d'expérimentations conduites tant sur la Côte Ouest (région de La Foa) que sur la Côte Est (région de Ponérihouen), les relations qui pouvaient exister entre la distribution de l'insecticide d'une part et la mortalité des populations de scolytes d'autre part. Les deux types de populations de scolytes (sensibles ou résistantes) ont été utilisées; soit à l'intérieur des cerises (en cours de formation ou sèches car non récoltées) soit libres et placées dans des pochettes de papier filtre et de grillage fin.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Champs d'essai

Les expérimentations ont été conduites sur des plantations de café de la variété Robusta, sur la Côte Ouest (La Foa-Pocquereux, champ "ensoleillé") et sur la Côte Est (Ponérihouen, deux champs "ensoleillés" et un champ traditionnel, sous ombrage).

Les arbres du champ n°1 (La Foa), bien que récemment plantés (juillet 1985) à un espacement de 3 x 2 m, avaient une hauteur moyenne de 2,5 m. Ce champ, accessible pour le traitement par différents côtés, était de 50 m x 105 m. Dans ce champ ont pu être menés des essais de mesures biologiques (technique des "pochettes de tests", des essais biologiques sur cerises vertes et sur cerises sèches) et des mesures physiques de distribution des particules après pulvérisation. Les pulvérisations ont été pratiquées à l'aide de l'appareil BSE Super IV (R.F.A.), installé sur véhicule léger de type Nissan.

Le champ n°2, également de type "ensoleillé" était situé sur la station IRCC de Ponérihouen où il avait été planté en 1983. Les arbres, espacés de 3 x 2,5 m, et situés en quinconce d'une rangée sur l'autre, étaient dans leur dernière année de production avant recépage. Au moment de l'expérimentation ils étaient en cinquième année de production. A partir de la route d'où ont été effectués les traitements insecticides, la profondeur du champ était de 78 m.

A La Foa, seule la mortalité des scolytes femelles sensibles a été étudiée dans les cerises traitées afin de ne pas risquer le transport de gènes de résistance de la Côte Est vers la Côte Ouest. Par contre, à Ponérihouen où le phénomène de résistance est généralisé, les deux souches ont été testées. Dans ce cas c'est le plus gros des pulvérisateurs (BSE, Super Bangui, RFA) monté sur camion Berliet qui a été utilisé lors des expérimentations de traitement.

Le champ n°3, situé à une centaine de mètres du champ précédent, était également de type "ensoleillé". Ce champ, en première année de production après un recépage total en 1987, a été utilisé afin d'étudier la pénétration du produit dans le cas d'une plantation ayant un moindre développement (moyenne des arbres de 2 m) et une plus forte densité (arbres

espacés de 2,5 x 2,5 m.). A partir de la route, la profondeur de ce champ est également de 78 m.

Le champ n°4, situé à environ 3 km des précédentes parcelles d'expérimentation, est le seul champ traditionnel qui a été étudié. Dans ce cas l'espacement entre les arbres était plus variable (environ 5 m entre chaque pied), de même le terrain était plus accidenté que dans les plantations 1 à 3. Dans ce champ l'étude a uniquement porté sur la distribution de la pulvérisation après utilisation du BSE Super Bangui qui est classiquement utilisé dans ce type de plantation quand les voies d'accès le permettent.

## **2.2 Conditions de Traitement et Equipement**

Depuis plus d'une dizaine d'années tous les traitements pour assurer la protection des caféiers contre le scolyte ont été pris en charge et organisés par les services de l'Opération Café de l'ADRAF. Deux modèles de pulvérisateurs (à jet porté et montés sur véhicules) sont utilisés de façon à réaliser les traitements à partir du bord des parcelles. En principe il est prévu deux traitements par an.

Dans tous les cas d'accès difficiles des plantations, le plus petit des pulvérisateurs (BSE Super IV) est employé. Ses caractéristiques techniques lui permettent une pulvérisation correcte de l'insecticide, grâce à 4 buses débitant au milieu d'un courant d'air ( $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) produit par une turbine actionnée par un moteur à essence. Le calibrage des buses montre que le débit de chacune d'elles est de 94 ml / s à une pression de 20 bars. Pour une vitesse de déplacement de 3 km / h et une portée moyenne de 25 m, cela correspond à une pulvérisation de 174 litres / ha.

Les plantations traditionnelles qui représentent la majeure partie des plantations de la Côte Est sont traitées à l'aide du plus volumineux des pulvérisateurs (BSE Super Bangui). Ce pulvérisateur fonctionne grâce à un moteur diesel qui actionne une turbine produisant un courant d'air de  $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . L'insecticide est pulvérisé au milieu du courant d'air à l'aide de 6 buses de 2 mm d'ouverture. La pression utilisée est, comme dans le cas précédent, de l'ordre de 20 bars. Un calibrage des buses montre que chacune d'entre elles a un débit de 79 ml / s. Pour une vitesse de déplacement de 3 km/h et une portée moyenne de pulvérisation de 45 m, cela correspond à une pulvérisation de 125 l/ha.

La position d'émission du nuage de pulvérisation est d'une grande importance pour la qualité du traitement et la répartition des gouttelettes sur les arbres. Les buses du BSE Super IV, placées en position horizontale à 2,5 m de hauteur, conviennent parfaitement pour le traitement des jeunes plantations. Celles du BSE Super Bangui sont placées à 3,3 m de hauteur ce qui permet de traiter plus aisément les plantations à fort développement végétatif.

Comme nous le verrons plus loin cet avantage peut devenir un inconvénient dans le cas du traitement d'un champ dont les arbres ont un moindre développement végétatif, car le vent peut agir plus aisément sur le nuage de traitement.

Jusqu'à présent tous les traitements ont été effectués par l'opération Café à une concentration de 0,7 % d'endosulfan (Thiodan 35 EC, Hoechst AG, RFA). Nous avons appliqué cette même concentration lors des diverses expérimentations visant à étudier les effets des traitements sur les différentes phases des populations de scolytes :

- 1) à l'intérieur des cerises sèches qui renferment des populations le plus souvent très importantes à partir desquelles s'effectuent les nouvelles colonisations d'une année sur l'autre;
- 2) en phase de colonisation, stade qui correspond aux individus ayant quitté les graines sèches pour s'alimenter sur les nouvelles cerises en formation. Pour l'étude de ce stade "libre" nous avons placé les scolytes dans des pochettes de papier filtre suspendues à différentes hauteurs et selon un transect par rapport au point d'application des traitements (route d'accès) ;
- 3) à l'intérieur des cerises vertes récemment colonisées.

### 2.3. Evaluation des traitements

Une évaluation correcte de la distribution des gouttelettes sur le feuillage nécessite la possibilité d'étudier rapidement un très grand nombre d'échantillons afin de tenir compte de la grande variabilité rencontrée lors de ces mesures.

Différentes techniques peuvent fournir ce type d'information. Cependant, celle de Sharp (1974) qui consiste à analyser par fluorimétrie les particules obtenues à partir du lavage de la surface des feuilles n'a pu être retenue pour des considérations pratiques. Elle requiert en effet l'utilisation de solvants inflammables ce qui aurait présenté un certain risque dans des conditions de travail sur le terrain.

En raison des difficultés opérationnelles nous avons finalement retenu la technique de Uk et Parkin (1983) basée sur l'analyse de la réflectance des feuilles après traitement avec une poudre fluorescente.

La finalité des traitements étant essentiellement la pulvérisation d'insecticide sur les cerises de café elles-mêmes, sans doute aurait-il été souhaitable de pouvoir analyser les gouttelettes déposées sur les baies. Cependant, une observation préliminaire des arbres à cette période de l'année montre une très grande variabilité dans la taille des fruits : la plupart d'entre eux avaient moins de 5 mm. De même nous avons pu constater que certains arbres

ne présentait encore pratiquement aucune cerise ce qui posait des problèmes d'échantillonnage très délicats.

Bien que la modification de l'appareil de mesure soit techniquement possible pour permettre l'analyse de la fluorescence des cerises, cette solution n'a pas été retenue. Afin de pouvoir analyser des échantillons plus importants et plus réguliers, nous avons préféré étudier la distribution des produits de traitement sur les feuilles proches des glomérules de fruits.

Le fluorimètre utilisé dans cette étude a été mis au point et développé à Cranfield (Angleterre) où il fut souvent expérimenté sur cultures fruitières (Cowell et al. 1988). Du fait du très grand nombre d'échantillons à étudier le recours aux moyens informatiques de stockage et d'analyse a été nécessaire.

Il n'a pas été possible d'effectuer simultanément les expérimentations visant aux études sur l'évaluation des effets biologiques des traitements insecticides. Ces expérimentations ont donc faites à la suite de celles visant à étudier la répartition des produits. Ces dernières études (distribution des produits sur le feuillage) ont donc été faites uniquement à l'eau et au marqueur fluorescent alors que celles destinées à l'évaluation des effets biologiques ont été réalisées selon la méthode classique utilisée lors des campagnes de traitements insecticides.

Le marqueur retenu pour cette étude a été la poudre fluorescente "lunar Yellow" (Swada Ltd, Londres). Celle-ci fut préparée spécialement pour l'analyse au fluorimètre, à 25 % w/v en solution concentrée, par Shell Research Ltd (Sitting-bourne, Kent, GB). Cette formulation, stable dans la cuve de traitement, a été appliquée à raison de 4 litres dans 100 litres d'eau.

Le fluorimètre muni des filtres optiques adaptés aux mesures de fluorescence émise par le marqueur utilisé fut réglé de façon à ce que les résultats obtenus puissent être exprimés en volume de marqueur déposé par unité de surface.

L'étalonnage du fluorimètre fut réalisé après pulvérisation d'une série de concentrations de marqueurs sur la surface supérieure et inférieure de feuilles de café. Pour ces deux surfaces, une corrélation linéaire fut établie entre les mesures de fluorescence et les particules de marqueur déposées. Les coefficients de corrélation pour ces deux étalonnages furent de 0,992 et 0,989 (pour 5 d.d.l.). Comme c'est généralement le cas dans ce genre de mesures, déduction fut faite de la fluorescence naturelle émise par chacune des surfaces des feuilles.

Toutes les études menées sur les différents champs ont été effectuées selon des transects perpendiculaires aux routes d'accès aux parcelles. A chaque lieu les prélèvements, portaient sur 10 feuilles récoltées tout autour de l'arbre, excepté pour la plantation

traditionnelle (Ponérihouen, champ n°4). Dans cette plantation une plus grande variabilité des particules déposées nous a amené à prélever 20 feuilles par arbre. Pour l'expérimentation conduite à La Foa (champs n°1) et la première expérimentation à Ponérihouen (champ n°2) les échantillons ont été prélevés à trois niveaux dans la culture (branches basses, 1 m et 2 m), alors que deux niveaux seulement (1 et 2 m) ont été retenus pour les deux derniers champs.

Deux transects ont été réalisés lors des premières expérimentations pratiquées sur la Côte Ouest et sur la Côte Est. Ensuite, étant donné les faibles variations constatées d'un transect à l'autre, un seul transect fut retenu pour chaque champ.

Les mesures au fluorimètre ont été faites en trois points sur chacune des surfaces de chaque feuille. Ainsi les données obtenues résultent chacune de la moyenne d'au moins une trentaine de mesures. En fonction de l'évaluation visuelle de la distribution du marqueur dans chaque champ la localisation des points de prélèvements sur les transects a été modifiée afin de pouvoir au mieux mettre en évidence la distribution des produits.

Du fait de la rapidité d'obtention des analyses et de synthèse des mesures, les premiers résultats obtenus au fluorimètre ont permis de prévoir et d'organiser les essais d'évaluations biologiques des traitements insecticides.

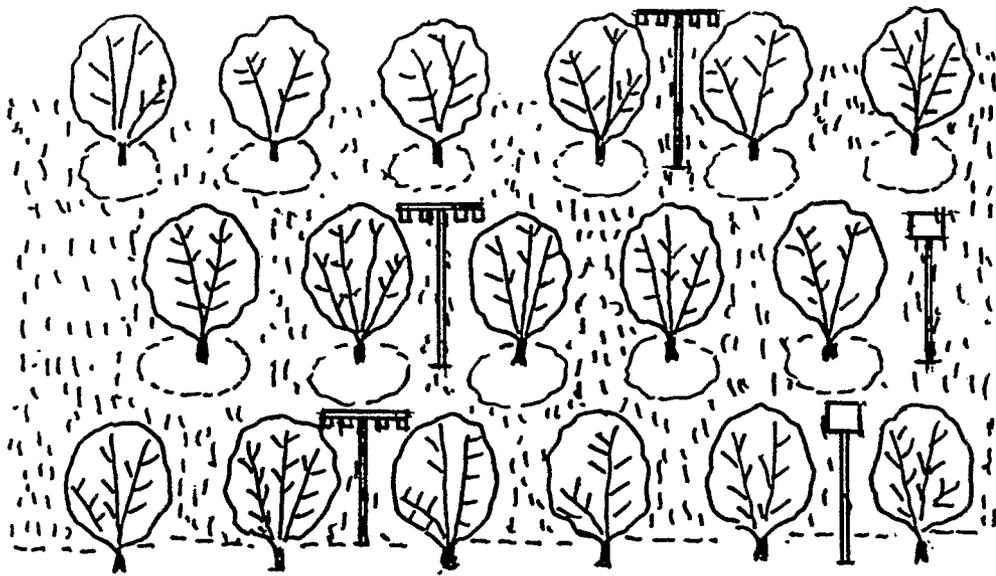
## **2.4 Evaluation de l'efficacité des traitements**

### **2.4.1 Souche de scolytes utilisées :**

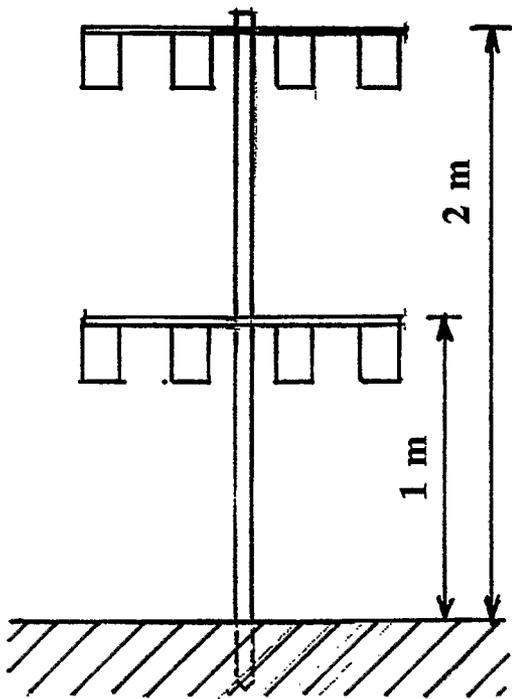
La souche sensible de référence (LA2) étudiée précédemment (Brun et al. 1989), a été utilisée dans toutes les expérimentations comme indicateur de l'efficacité des traitements sur une souche normale, n'ayant acquis aucune résistance.

A La Foa (champ n°1), des cerises vertes scolytées récoltées la veille, et des cerises sèches scolytées ont été utilisées pour les expérimentations. Par contre, à Ponérihouen, seules les cerises sèches scolytées furent soumises aux tests de terrain.

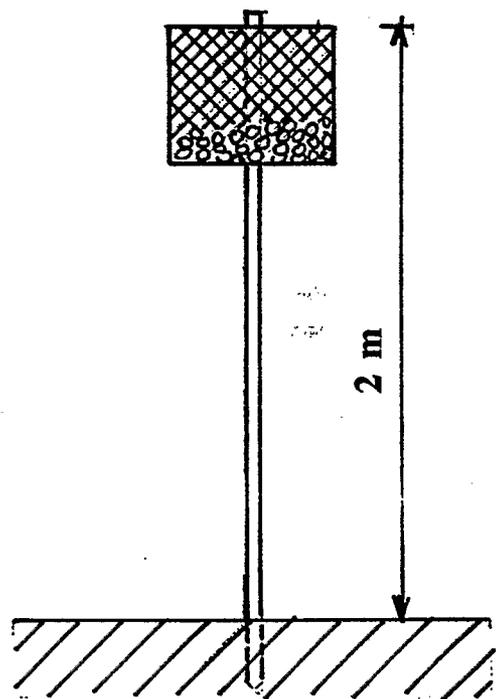
Deux souches résistantes furent récoltées : la première, qui provenait de Ponérihouen (PN 402), fut utilisée dans l'essai des pochettes de papier filtre (La Foa, champ n°1) pratiqué avec le petit BSE. La seconde, qui provenait de Poindimié (PO 01) fut utilisée sur le champ n°2 traité à l'aide du BSE monté sur camion. Le niveau de résistance de chacune de ces souches fut déterminé en testant au laboratoire 120 femelles à la dose discriminante de 400 ppm d'endosulfan. Cette concentration correspond à la dose létale 99,95 % pour une souche sensible de référence; elle permet de séparer les souches sensibles des souches résistantes (Brun et al. 1989).



**Champ de caféiers**



**Tests en pochettes de papier filtre**



**Tests biologique sur cerises sèches et cerises vertes**

**Figure 15b. Dispositifs utilisés pour évaluer l'efficacité des traitements insecticides**

#### 2.4.2. Essai en pochettes de papier filtre :

Cette étude préliminaire, conduite à La Foa (champ n°1), a pour but d'évaluer les traitements insecticides dans les meilleures conditions d'efficacité c'est-à-dire sur les adultes se trouvant à l'extérieur des graines. Cette expérimentation dans laquelle les scolytes étaient enfermés dans une double pochette de nylon et de papier filtre, a porté sur une souche sensible et sur une souche résistante *d'H.hampei*.

Les insectes à tester ont été préparés la veille, par décorticage des cerises sèches au scalpel. Les femelles étaient ensuite stockées à 15°C, au laboratoire de Nouméa, afin d'être transportées dès le lendemain matin sur le lieu d'expérimentation.

Dans chaque pochette de test trente femelles de l'une ou l'autre des deux souches étaient placées entre deux papiers filtres préalablement doublés d'un fin grillage en nylon. Le but de ce grillage était d'empêcher la perforation du papier filtre pendant le test. Cette double pochette était maintenue fermée à l'aide de trois fortes pinces afin d'éviter que des femelles ne s'échappent du dispositif. Cette technique s'inspire ainsi à la fois de celle utilisée par Stone et Haydock (1962) pour les larves de tiques du bétail et de celle développée pour remplacer la Tour de Potter (Brun et al. 1989) dans le cas du scolyte du café.

Les pochettes abritant les scolytes à tester étaient suspendues à des piquets placés entre les rangées d'arbres, à deux niveaux (1 et 2 m de hauteur). Ces piquets furent placés au bord du champ, puis à 5, 10, 20 et 40 m à l'intérieur de celui-ci. Des pochettes témoins furent disposées dans les mêmes conditions, dans un champ adjacent non traité. La mortalité de tous les échantillons fut corrigée en fonction de la mortalité constatée sur les témoins (Abott 1925).

Un traitement classique, à une concentration de 0,7 % d'endosulfan, fut effectué au Thiodan avec l'appareil BSE Super IV monté sur véhicule léger. Au moment du traitement, les conditions climatiques étaient favorables avec un ciel en partie couvert, un vent faible et une température à l'ombre de 29° C. Les pochettes furent ramenées au laboratoire de Nouméa après 6 heures d'exposition dans le champ. Deux décomptes de la mortalité ont été effectués, 10 et 25 heures après le traitement.

#### 2.4.3. Tests biologiques sur cerises :

En période de traitement insecticide (Janvier-Février), on constate couramment que des graines non récoltées demeurent sur les arbres. Ces graines sèches abritent le plus souvent des populations pouvant être très importantes (plusieurs dizaines à plus d'une centaine d'individus). C'est à partir de ces populations qu'ont lieu les infestations nouvelles qui concernent les cerises en cours de formation. En exposant au traitement les deux catégories de cerises (vertes et sèches), nous avons cherché à mettre en évidence les différences de mortalité qui pouvaient apparaître au niveau des populations de scolyte

selon l'état physiologique des cerises. Cette étude a été réalisée selon un transect de façon à évaluer l'efficacité des traitements pratiqués depuis les routes d'accès.

Lors des expérimentations menées sur la Côte Est où la résistance est largement généralisée, les souches résistantes et sensibles furent utilisées. Par contre, sur la Côte Ouest où aucune résistance ne s'est encore développée, seule une souche sensible provenant de la même région a été utilisée. En effet, aucun moyen ne nous permettait d'éviter le risque du départ de quelques individus lors du test.

Ces tests consistaient à suspendre à des piquets disposés selon un transect, des cadres de bois (100 mm x 16 mm) grillagés, à larges mailles (5 mm d'ouverture). Une trentaine de cerises étaient placées à l'intérieur de ces grillages disposés à 1 et 2 m de hauteur. Les piquets furent placés sur le rang, entre les arbres, de façon à ce que les cerises à tester se trouvent proches des positions qu'elles occupent normalement sur les arbres.

Après le traitement les cerises furent laissées trois heures dans les champs avant d'être récoltées et mises dans des sacs de plastique maintenus ouverts. Le temps étant très variable et les pluies fréquentes, nous avons stocké les cerises dans une pièce (à 25°C) en attendant le décompte de la mortalité 48 h après le traitement. Afin d'éviter une augmentation de l'effet fumigant les sacs sont demeurés ouverts avec l'ouverture opposée à la lumière de façon à récupérer les individus sortant naturellement des cerises au cours de l'après-midi.

Cette technique d'exposition directe des cerises dans les champs est intéressante car les résultats obtenus sont tout à fait comparables aux situations normales rencontrées en Janvier-Février, lors des campagnes de traitements. Nous avons ainsi pu évaluer, avec les deux types d'appareils et à différentes distances par rapport au point d'application, l'efficacité réelle des pulvérisations sur les populations localisées à l'intérieur des cerises.

## **2.5 Conditions d'expérimentations**

Le tableau qui suit résume l'ensemble des expérimentations conduites pendant cette étude, de même que les conditions climatiques rencontrées lors de ces essais. Les expérimentations mises en place à Ponérihouen ont été particulièrement difficiles à mener du fait de la grande variabilité des vents, en force et en direction. Le temps orageux et la fréquence des pluies nous ont également obligés à retirer les cerises traitées après 3 heures d'exposition dans les champs.

**- RESUME DES EXPERIMENTATIONS -**

Essais en pochettes ou sur cerises réalisés sur plantations de type "ensoleillé"  
(P. Intensive) ou traditionnelles.

Localisation Plantation	Date	Type d'essai (1) et conditions			
			Vent	T°	HR %
La Foa (Champ 1)	14/12/89	Essai en pochettes (souches R&S) : P. Intensive (2)	+ 0,7(3)	29	96
La Foa (Champ 1)	09/01/90	Distribution Traitement	- 1,5 + 1,25	31	55
La Foa (Champ 1)	11/01/90	Traitement des cerises sèches et vertes (populations de scolytes sensibles)	+ 1,5	32	62
Ponérihouen (Champ 2)	17/01/90	Distribution Traitement	+ 1,86	29	78
Ponérihouen (Champ 3)	17/01/90	Distribution Traitement	+ 2,98	29	78
Ponérihouen (Champ 4)	17/01/90	Distribution Traitement	Nul	29	78
Ponérihouen (Champ 2)	18/01/90	Traitement des cerises sèches (populations de scolytes sensibles & résistants)	+ 0,89	29	86

- (1) Tous les traitements ont été effectués avec le BSE Super Bangui, excepté sur le champ 1 où le petit BSE a été utilisé.
- (2) P.Intensive = Plantation sans ombrage ou "plein soleil".
- (3) Direction du traitement = direction positive (force du vent exprimée en m / s).

### **3. RESULTATS**

#### **3.1 Essai en pochettes de papier filtre**

Après leur traitement sur le terrain les pochettes ont été laissées pendant 6 heures, deux lectures de la mortalité des scolytes ont été faites, après 10 et 25 heures d'exposition. Une légère augmentation de la mortalité pouvant être notée à 25 heures ce sont ces valeurs qui sont indiquées sur la figures 6 car ce temps d'exposition permet à l'insecticide d'agir de façon plus complète.

La mortalité observée dans les pochettes placées à deux hauteurs a été comparée à la distribution des produits aux niveaux supérieur et médian des expérimentations précédentes (environ 1 et 2 m du sol). Nous constatons (fig. 16) que les populations sensibles placées dans les pochettes de papier filtre sont tuées à 100 % aux quatre premiers points d'échantillonnage (0,5, 10 et 20 m). A 40 m, on note également un certain effet du traitement car la mortalité y est encore de 70 % pour la population sensible.

D'après la distribution des gouttelettes de traitement qui se retrouvent essentiellement sur les 5 à 10 premiers mètres (fig. 22 et 23), cette partie du champ est soumise à une concentration d'insecticide au moins 4 fois plus important que celle recherchée au départ.

Même dans ces conditions qui correspondent à un lessivage total des feuilles (et donc des pochettes de papier filtre), la mortalité n'excède pas 93,5 % chez les individus résistants placés à 2 m de hauteur. Pour cette même population placée à 1 m de hauteur, la mortalité dépasse à peine 50 % pour les échantillons situés entre 5 m et 20 m du point d'application des traitements. Cette capacité à survivre des populations classées résistantes par les tests de laboratoire est donc confirmée sur le terrain, même dans les zones où il y a surdosage en insecticide.

Au laboratoire les niveaux de résistance à l'endosulfan des souches provenant de la Côte Est ont été mesurés en soumettant ces populations à la dose discriminante de 400 ppm qui correspond environ au double de la dose 99 % pour la souche sensible de référence. La fréquence des phénotypes résistants qui survivent à cette concentration était de 64,4 % pour la souche PN 104 utilisée dans les essais en pochettes de papier filtre, et de 40 % pour la souche PO 01 dont les cerises sèches ont servi pour les expérimentations conduites dans les champs 1 et 2.

Figure 16 : Méthode des pochettes de papier filtre: mortalité des femelles colonisatrices résistantes et sensibles

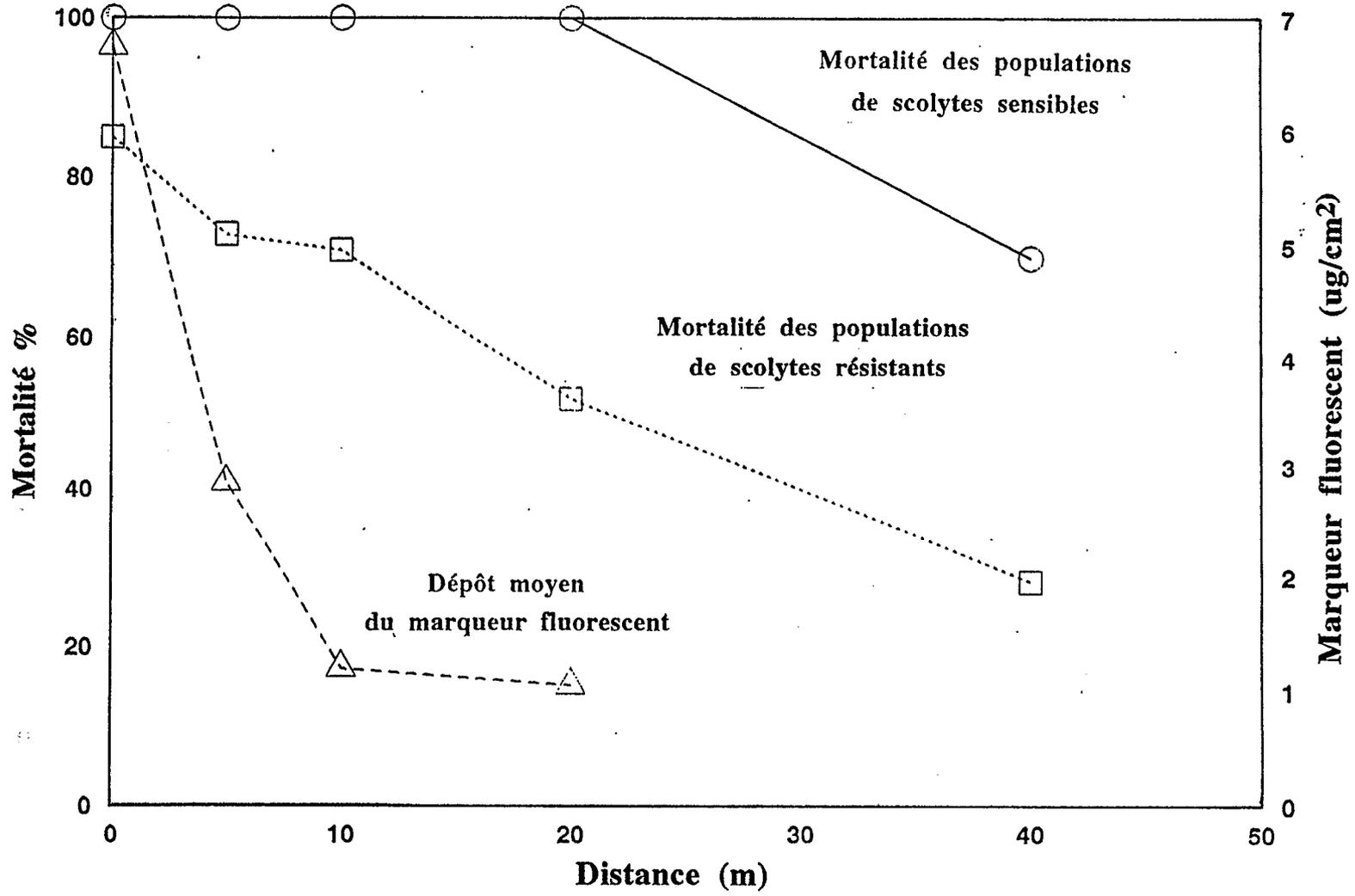


Figure 17 : Comparaison de la mortalité observée dans les cerises vertes et les cerises sèches

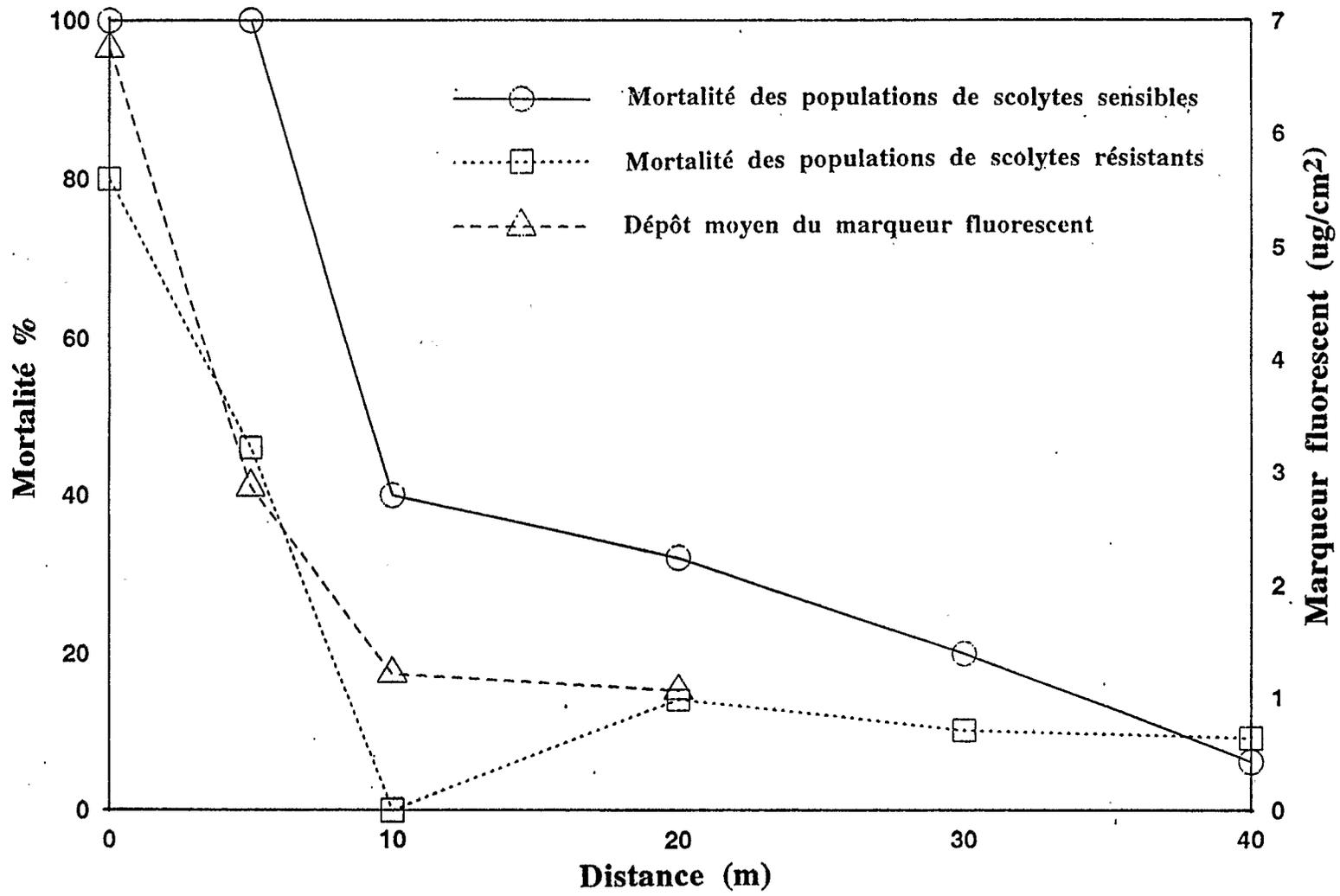
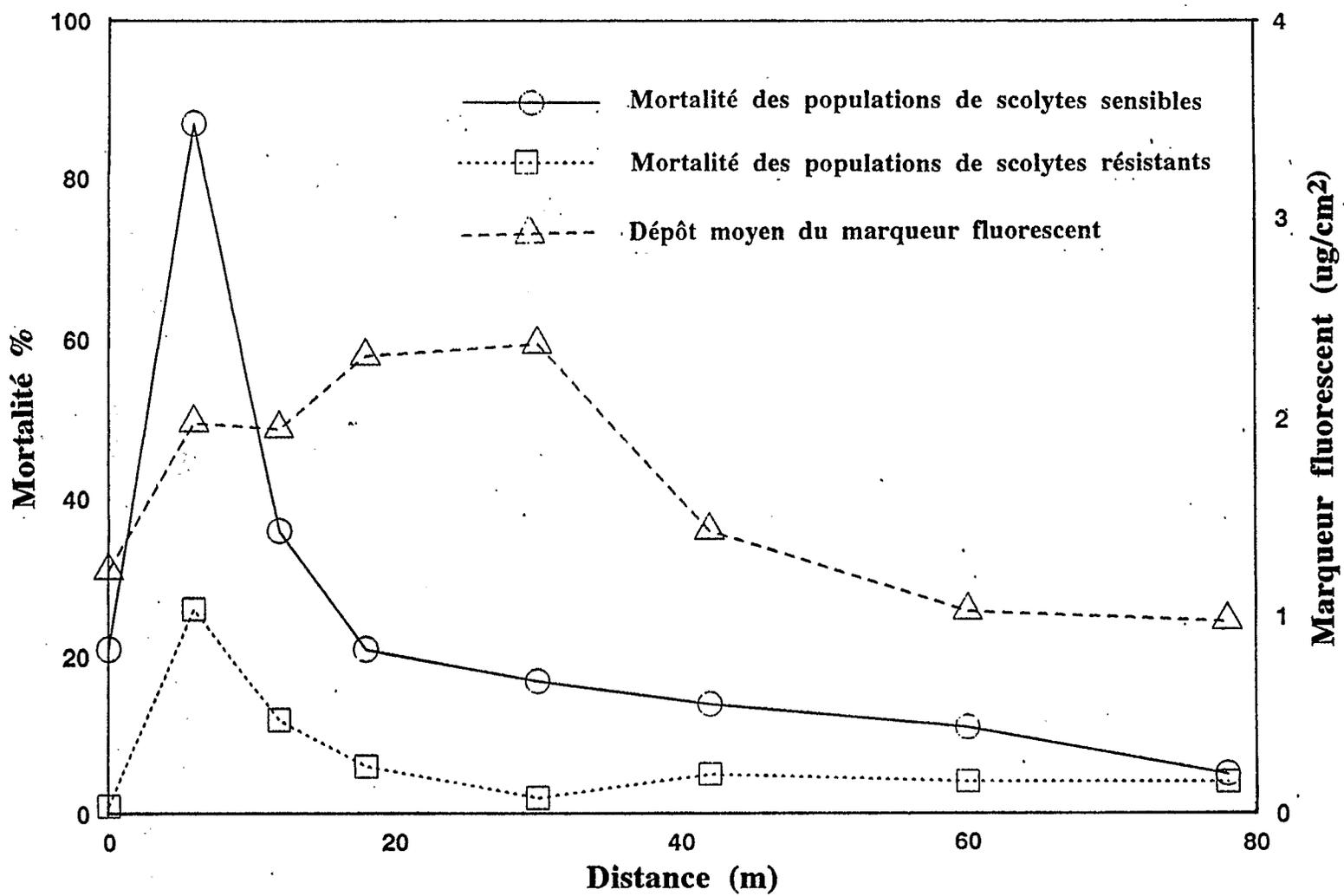


Figure 18 : Dépôt de l'insecticide et mortalité comparée des populations sensibles et résistantes se trouvant dans les cerises non récoltées (sèches)



### 3.2 Tests biologiques sur cerises

La mortalité des scolytes des cerises sèches et des cerises vertes exposées au traitement dans la parcelle de La Foa (champ n°1) est représentée par la figure 18. Chaque point correspond à la moyenne des mortalités observées à 1 m et 2 m de hauteur. A chacune des positions sur le transect, 40 cerises sèches et 60 cerises vertes avaient été disposées. Ceci représente pour les cerises sèches une population de 420 à 822 femelles par point d'échantillonnage et pour les cerises vertes de 38 à 87 femelles.

Dans ce cas on peut constater de façon plus radicale encore que dans l'essai précédent (test biologique en pochettes de papier filtre), que la chute d'efficacité du traitement est très brusque et qu'elle se situe entre 5 et 10 m du bord de la route (Fig. 17). Le diagramme obtenu est très semblable à celui de la distribution des traitements pour le même champ (figures 22 et 23).

Pour les populations à l'intérieur des graines sèches la différence de pression de sélection exercée sur les populations résistantes et sensibles est représentée par la figure 18. Dans cette expérimentation 15 cerises sèches de chaque catégorie ont été décortiquées après le traitement pour le décompte de la mortalité après 48 heures. Ceci correspond à des populations de 443 à 747 femelles pour la souche sensible et de 322 à 564 pour la souche résistante.

La mortalité de la souche sensible n'est pas négligeable à 6 m de la route où le traitement a été le plus efficace (mortalité de 87 % après 48 h) ; cependant, dès 12 m., la mortalité chute à moins de 40 %, laissant une population très importante pour la colonisation des jeunes cerises en formation.

Le diagramme de répartition des populations résistantes est de même type, mais la mortalité est très faible, même au point de surdosage maximum (mortalité maximum : 26 %). Ce sont essentiellement les femelles encore sensibles, présentes au sein de cette population hétérozygote-résistante qui ont été tuées lors du traitement insecticide.

### 3.3. Distribution des traitements

Le champ situé à La Foa (champ n°1) a été traité deux fois : la première pulvérisation a été faite contre le vent, la seconde dans la direction du vent. Les figures 19 et 20 montrent la distribution du marqueur déposé sur la face supérieure et inférieure des feuilles. Bien que deux transects aient été réalisés dans ce champ, les figures 19 et 20 ne présentent qu'une seule série de mesures, les résultats des deux transects étant très semblables.

Ces figures correspondent aux résultats obtenus sur une plantation bien développée de type "ensoleillé", traitée avec le plus petit des appareils BSE (Super IV). La figure 21 montre la distribution qui résulte du traitement d'une plantation semblable (Ponérihouen,

Figure 19 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus petit des BSE (face supérieure des feuilles)

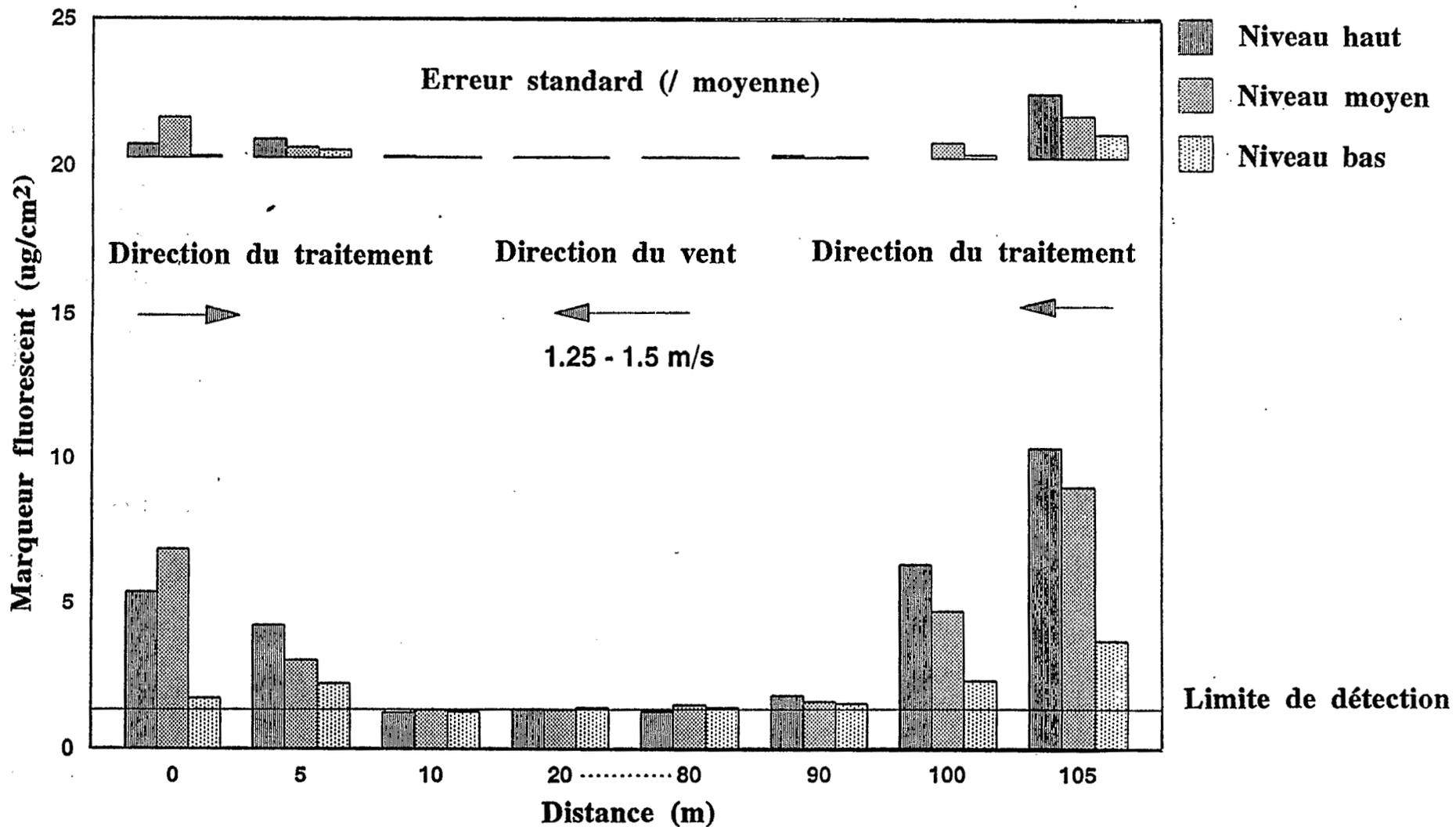
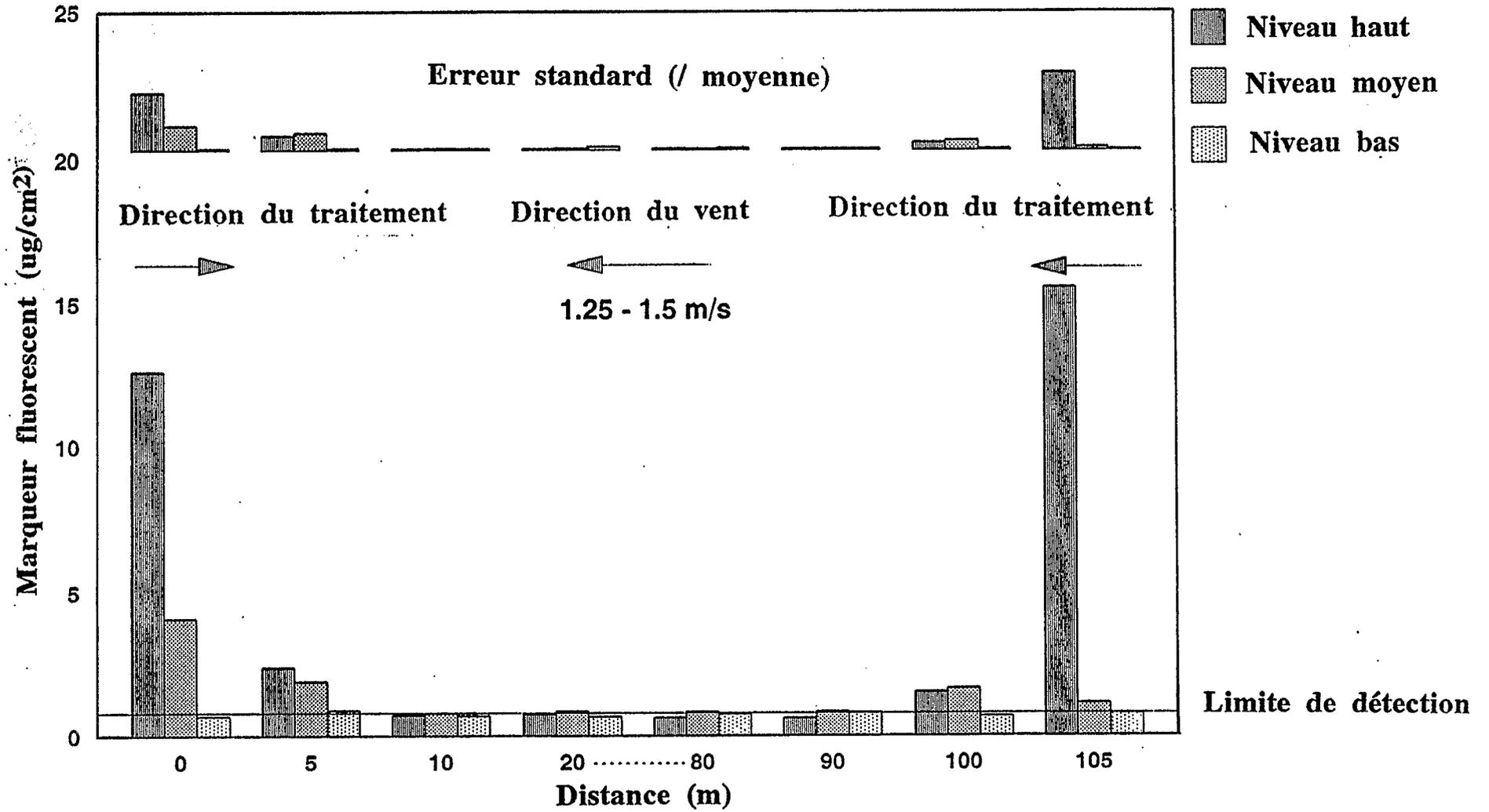


Figure 20 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus petit des BSE (face inférieure des feuilles)



champ n°2) à l'aide du gros BSE (Super Bangui) dont les buses sont situées à 3 m de hauteur. Du fait de la similarité des résultats de plusieurs transects, un seul d'entre eux est figuré ici, qui correspond à la distribution du marqueur sur la face inférieure des feuilles.

Les résultats obtenus pour les champs 3 ("jeune plantation" -recépée) et 4 (plantation traditionnelle) sont présentés par les figures 22 et 23, uniquement pour la partie supérieure des feuilles car la répartition des gouttelettes est proche sur les deux faces, comme constaté sur les figures 19 et 20. Chacune des figures montre pour chaque lieu d'échantillonnage sur le transect, la moyenne des quantités de marqueur pour chacun des trois niveaux de récolte, ainsi que l'erreur standard par rapport à la moyenne. De même, sur chaque figure est indiquée la limite de détection déterminée par la méthode utilisée. Comme on peut le constater, quand on se trouve au niveau de la limite de détection, l'erreur standard est nulle.

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Distribution des traitements

L'analyse de la distribution du marqueur fluorescent sur les feuilles de café indique, pour tous les champs, que la majeure partie du produit de traitement se retrouve sur une zone très étroite, en bordure de route. Cette zone correspond à une bande d'une dizaine de mètres de largeur avec le petit BSE (3 à 4 rangées d'arbres), et à une vingtaine de mètres (environ 6 rangées d'arbres) avec le gros BSE utilisé sur la Côte Est. Ces bandes, parallèles au passage de l'engin de traitement, se situent immédiatement le long du champ dans le cas de l'appareil dont les buses sont à 2,5 m du sol (BSE Super IV) et à 5-15 m dans le cas où les buses sont à 3,3 m du sol. Dans ce dernier cas, on constate que si la portée du traitement est améliorée, les premiers rangs sont moins bien couverts par le produit si la pulvérisation est faite avec la goulotte de traitement en position horizontale.

Cette grande irrégularité du traitement avait été pressentie par B. DECAZY (1988) lors de sa mission sur le Territoire. Cette étude confirme donc parfaitement les hypothèses émises lors de cette mission de l'IRCC.

Quand le petit BSE est utilisé dans un champ dont le développement végétatif est important il apparaît clairement que le nuage de gouttelettes est pratiquement totalement arrêté par la végétation très dense qu'il rencontre dès les premières rangées d'arbres (Fig.19 et 20).

Dans le cas du gros BSE le volume plus important d'air permet une meilleure distribution d'autant que le point d'émission est plus élevé. Cependant cet avantage est compensé par le fait que ce courant d'air, qui porte les fines gouttelettes, est très sensible à toute augmentation du vent ou à tout vent de travers. Cette situation est parfaitement

Figure 21: Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus gros des BSE

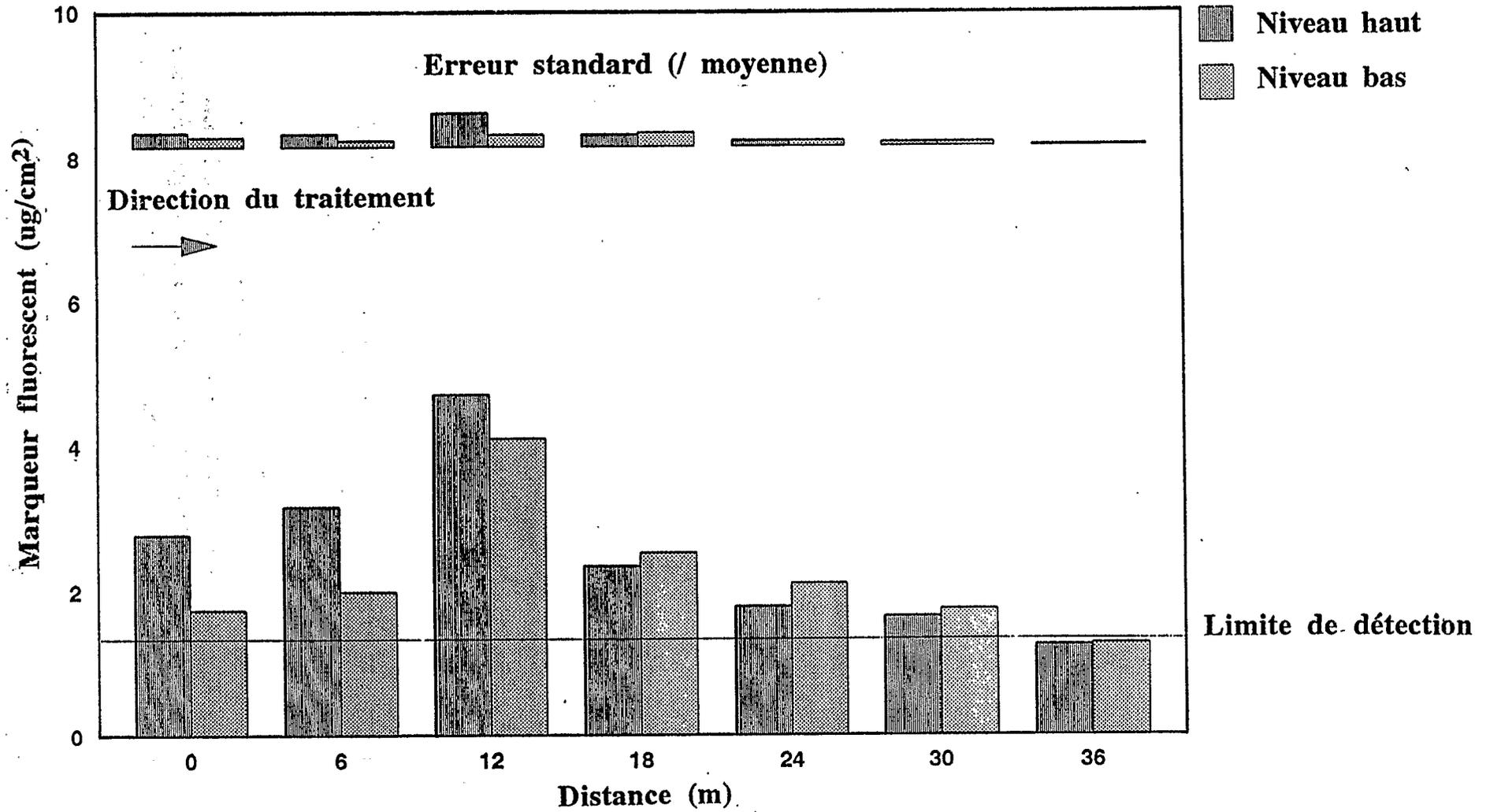


Figure 22 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "ensoleillé" traité avec le plus gros des BSE, par temps très variable

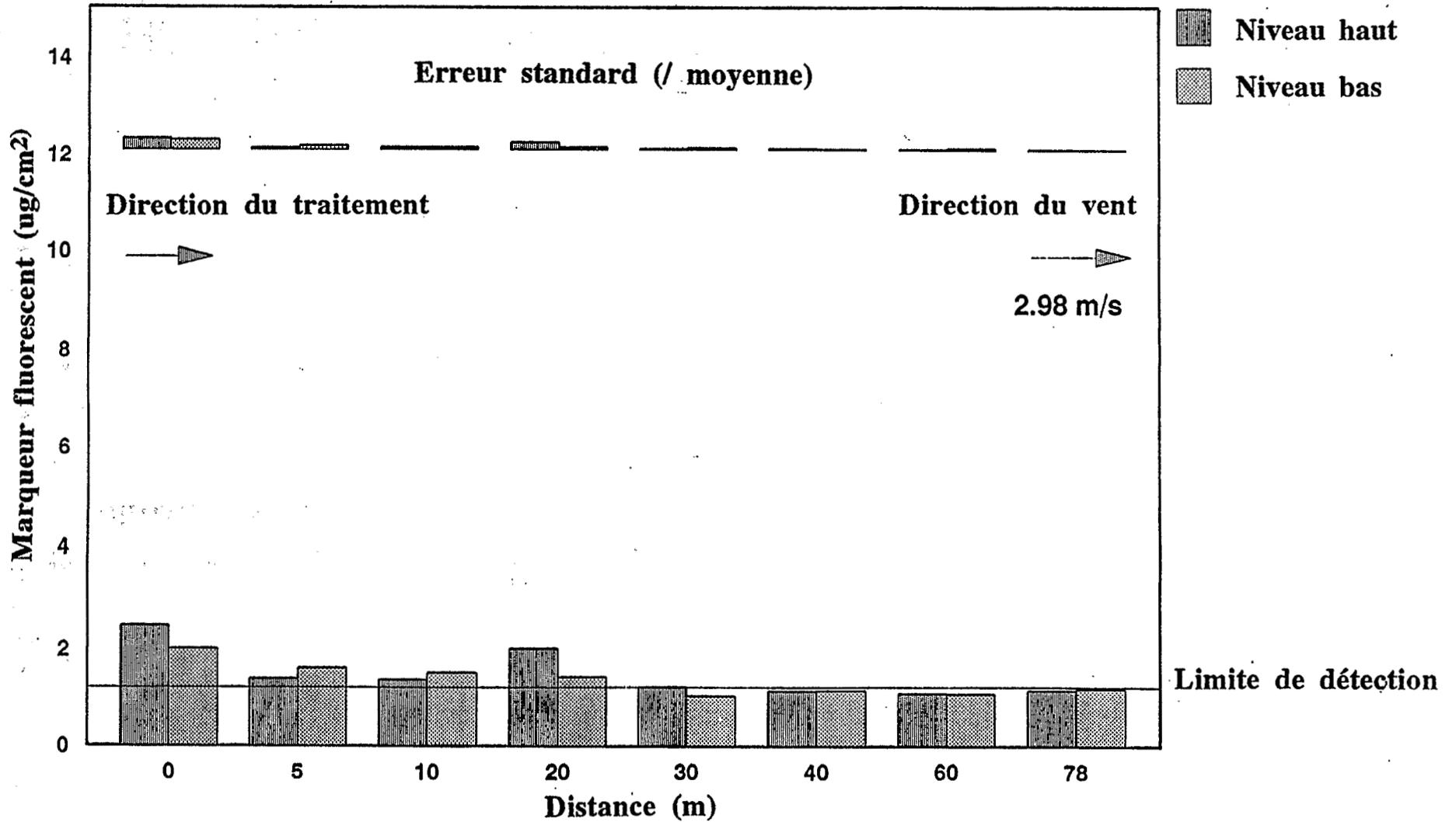
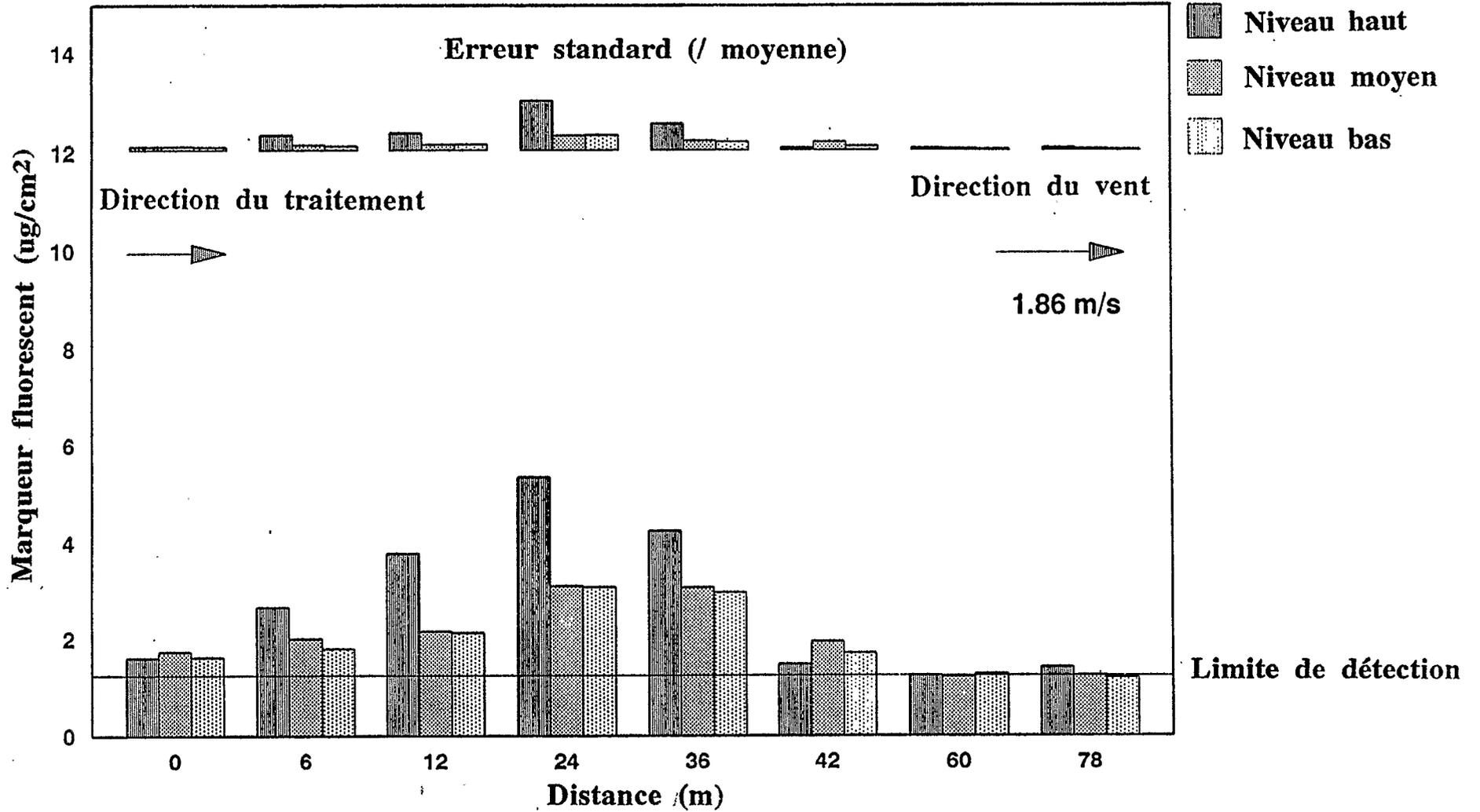


Figure 23 : Transect de répartition de l'insecticide dans un champ "traditionnel" traité avec le plus gros des BSE



illustrée par la figure 22 (champ n°3), où le vent, très variable au cours de la matinée, a été de près de 3 m / s au moment précis du passage du camion de pulvérisation. Dans ce cas les arbres n'ont pratiquement pas reçu de produit lors du traitement.

Pendant la période de traitement (Décembre - Janvier) et tout particulièrement sur la Côte Est, les vents sont très irréguliers en force et en direction. Si on tient compte de la fréquence des pluies à cette saison il est pratiquement impossible de réaliser l'ensemble des traitements d'une même région dans des conditions satisfaisantes à l'aide d'un nombre très limité d'engins de pulvérisation. De plus ce type de traitement s'est avéré très sensible aux perturbations dues au vent, celui-ci étant très fréquent sur la Côte Est il est très difficile de rencontrer les conditions optimales requises. En effet, pour que le traitement puisse couvrir une zone assez large, il faut que le flux d'air passe au-dessus de la cime des arbustes, propulsé par la turbine de l'appareil. La distance atteinte dépend donc de la vitesse de ce flux d'air, mais également de la taille des gouttelettes. Celles-ci se déposent ensuite normalement par sédimentation sur la culture. Pendant cette phase, les conditions météorologiques ont un rôle déterminant sur la qualité du traitement. Un ensoleillement trop important au moment du traitement peut par exemple enlever le "nuage insecticide" au de-là du champ traité.

#### **4.2. Evaluation de l'efficacité des traitements sur *H.hampei***

Les deux types d'essais mis en place pour évaluer l'efficacité des traitements à l'endosulfan sur les souches sensibles et résistantes du scolyte du café ont été réalisés dans des conditions aussi proches que possibles que celles rencontrées lors d'un traitement classique.

Comme nous l'avons démontré l'année précédente la phase gazeuse de l'endosulfan est une composante importante de la toxicité de ce produit pour le scolyte du café. En période de traitement les scolytes se trouvent soit à l'intérieur des cerises sèches, où seules les vapeurs toxiques peuvent les atteindre, soit ils se déplacent vers les jeunes cerises en formation dans lesquelles ils pénètrent peu profondément. Ils demeurent alors, comme lors des essais en pochettes de papier filtre, soumis aux vapeurs qui émanent des feuilles et des cerises traitées aux alentours.

#### **4.3 Essai en pochettes de papier filtre**

Dans cet essai on constate une mortalité importante des femelles sensibles, jusqu'à 40 m. du point d'application du traitement. Ceci indique qu'il existe, même en fond de champ, une toxicité partielle de l'endosulfan sur les femelles qui se trouvent en dehors des cerises. Alors que pour la souche sensible la survie des femelles ainsi traitées ne commence qu'à partir d'une vingtaine de mètres, avec la souche résistante c'est dès le bord du champ, malgré le surdosage considérable observé par ailleurs, qu'une proportion non négligeable des individus survivent aux traitements.

Ici les conditions optimum ont été réunies pour permettre à la pulvérisation d'avoir un maximum d'efficacité. En effet, les pochettes ont été disposées selon un transect situé entre deux rangées d'arbres ce qui a permis une meilleure pénétration du produit. Les essais de distribution des gouttelettes sur les arbres eux-mêmes ont montré que le produit pénétrait beaucoup moins profondément dès que le jet projeté rencontrait les premières rangées d'arbres.

La décroissance progressive de la mortalité avec la distance par rapport au point d'application correspond parfaitement aux résultats des recherches menées en 1988 et 1989 où nous avons mis en évidence des clines dans la distribution des populations résistantes au sein d'un même champ.

#### 4.4. Tests biologiques sur cerises

Comme constaté lors de l'étude de la distribution des gouttelettes (fig. 19 et 20), la mortalité observée, tant dans les cerises vertes que dans les cerises sèches (fig. 17), décroît très rapidement entre 0 et 10 m du bord du champ. Bien que la chute de la mortalité des scolytes intervienne beaucoup plus rapidement que dans le cas des pochettes de papier filtre (car protégé les scolytes y sont protégés par la cerise), le phénomène observé est semblable. La pression maximale de sélection s'exerce donc en bordure de champ, sur les populations se trouvant à l'intérieur des cerises sèches non récoltées.

La meilleure efficacité du traitement sur la population des cerises en formation (vertes) peut s'expliquer par le fait que les femelles, à cette période de l'année, sont en phase de colonisation des cerises. Ces cerises n'étant pas assez mûres pour permettre le creusement en profondeur d'une galerie de ponte, les femelles demeurent pendant plusieurs semaines dans un canal très court où elles sont plus directement soumises aux vapeurs toxiques que ne le sont les populations qui se trouvent à l'intérieur des cerises sèches, au fond des galeries de ponte.

Les résultats de la deuxième expérimentation sur cerises sèches réalisée à Ponérihouen (champ n°2, figure 18) donnent un diagramme du même type que celui obtenu sur le même champ après étude de la distribution du marqueur fluorescent (figure 21). Comme lors des tests en pochettes de papier filtre le maximum de mortalité est observé près de la route (zone de 6 à 12 m), puis celle-ci décroît, que ce soit pour la population sensible ou pour celle résistante.

Bien que la distribution des gouttelettes montre qu'elles ne semblent pas dépasser 30 ou 40 m, nous constatons une faible mortalité entre 30 et 78 m. L'hypothèse qui peut être avancée pour expliquer ce phénomène est que cette mortalité résulterait de l'effet fumigant de l'endosulfan. Au laboratoire, par la méthode indirecte où les insectes ne sont soumis qu'à l'effet toxique des vapeurs de l'endosulfan, nous avons pu montrer que la mortalité augmentait rapidement après 2-3 heures d'exposition à des concentrations de

l'ordre de 400 à 1.000 ppm. Dans le cas d'un traitement de terrain ce sont des concentrations d'environ 7.000 ppm qui sont utilisées.

Les diagrammes obtenus (distribution : Fig. 21 et mortalité dans les cerises sèches: Fig. 18) montrent que les maxima d'efficacité de ces deux traitements sont légèrement décalés. Cette différence peut s'expliquer par deux facteurs : le vent, deux fois plus fort lors du premier essai (Fig. 21), peut avoir contribué à porter plus loin la pulvérisation, de même l'opérateur qui se trouve sur le camion peut avoir légèrement modifié la direction de la goulotte servant à diriger le jet du pulvérisateur. Ainsi les arbres les mieux traités ont pu se trouver deux ou trois rangs plus loin dans un cas que dans l'autre.

#### 4.5 Amélioration des traitements

La résistance du scolyte à l'endosulfan n'a jusqu'à présent été détectée qu'en Nouvelle-Calédonie. Ce Territoire est également l'une des rares régions au monde où les traitements se pratiquent de façon unidirectionnelle, à partir des voies d'accès aux plantations.

Il est donc probable que la très grande irrégularité de distribution démontrée par cette étude a joué un rôle primordial dans l'apparition et / ou l'extention rapide des souches résistantes.

Avec les appareils dont dispose actuellement la Filière Café il paraît difficile d'améliorer de façon importante la qualité des traitements sans modifier la taille des champs et sans aménager des voies d'accès qui permettent un passage environ tous les 20 m pour le petit BSE et tous les 30-40 m pour le plus gros BSE.

Afin d'atteindre une meilleure couverture de l'ensemble de la plantation et d'effectuer les pulvérisations au moment le plus opportun en fonction des conditions météorologique et du stade réel de développement de chaque parcelle, le recours au traitement individuel paraît une nécessité.

Seul un traitement conduit par le planteur lui-même pourra correspondre au stade optimum de développement de chaque plantation et être effectué au meilleur moment de la journée (absence de vent, en dehors des heures les plus chaudes...). Le passage du pulvérisateur dans tous les rangs, outre une distribution beaucoup plus homogène du produit sur tout le champ, assurera une meilleure pénétration de l'insecticide au niveau du feuillage de chaque arbre.

Il faut cependant noter que ce choix nécessitera une formation technique et un encadrement des planteurs qui ne peut être que progressif mais qui va dans le sens d'une prise en charge, par le producteur, d'un aspect important de cette culture.

Dans l'immédiat, il semble souhaitable de tenter une amélioration du système actuellement utilisé à partir des appareils BSE, car la transition vers d'autres systèmes de traitement nécessitera quelques années.

#### 4.6 "Gestion" de la résistance

La découverte de la résistance en Nouvelle-Calédonie en 1987 a permis d'expliquer en grande partie les pullulations constatées dans les deux grandes régions productrices de la Côte Est du Territoire, entre 1985 et 1987. La cartographie précise de la répartition et du niveau de résistance dans les différentes régions a précisé deux zones où l'endosulfan ne pouvait plus être utilisé : Poindimié et Ponérihouen, et une zone qui présentait une proportion variable d'individus résistants selon les champs : Touho.

La recommandation de remplacer, dès 1988, l'endosulfan par le fénitrothion a eu pour conséquence de rétablir une situation de contrôle satisfaisant du scolyte du café dans toutes les régions où avaient été notée une pullulation des population entre 1985 et 1987. Ainsi nous avons pu noter :

1) **une amélioration immédiate de la qualité du café récolté.** Il faut rappeler qu'en 1987 c'est pratiquement l'ensemble de la récolte de la Côte Est qui avait chuté de la catégorie supérieure à la catégorie courante. Cette amélioration de la qualité est un élément essentiel pour l'avenir de cette production agricole qui est particulièrement adaptée à l'exportation.

2) **une chute du niveau de résistance des populations de scolytes à l'endosulfan,** en particulier là où il était le plus élevé. Toutefois, une faible proportion de phénotypes résistants semble demeurer dans ces champs. Ceci nous oblige à beaucoup de prudence en ce qui concerne un retour ultérieur éventuel à une utilisation régulière du Thiodan. Des études devront définir dans quelles mesures une alternance de l'endosulfan avec d'autres composés est envisageable.

Il est évident que si aucune mesure nouvelle n'est adoptée, les surdosages importants provoqués par les techniques de traitement utilisées depuis une quinzaine d'années sur le Territoire risquent à nouveau de faciliter l'émergence de nouvelles souches résistantes aux composés qui remplaceront l'endosulfan. Ces quelques rares produits sont tous moins efficaces que l'endosulfan, il est donc important et urgent d'envisager une amélioration des techniques et d'encourager une alternance avec des produits de traitement appartenant à des groupes chimiques différents.

De même, les champs laissés à l'abandon et non récoltés ne devraient pas être traités afin d'éviter de favoriser le phénomène de sélection sur les populations qui demeurent en grand nombre dans les cerises sèches et non récoltées.

Enfin, si les insecticides sont encore nécessaires au contrôle des populations du scolyte du café, il est fondamental de rechercher, parmi les diverses voies qu'offre la lutte intégrée: lutte biologique classique grâce aux parasitoïdes, biopesticides par utilisation de souches de *Beauveria bassiana* ou de *Bacillus thuringiensis*, Nématodes entomopathogènes ..., celles qui pourraient être développées et utilisées en Nouvelle-Calédonie. Il est en effet urgent, dans le contexte écologique fragile qui caractérise tout écosystème insulaire d'élaborer des stratégies de lutte qui préserve au mieux l'environnement tout en se traduisant par une amélioration du contrôle de ce ravageur majeur du café.

## **IV SYNTHÈSE GÉNÉRALE**

### **RESULTATS CONCRETS OBTENUS:**

- 1) Nous avons pu démontrer que l'augmentation très importante des dégâts dans les régions de Poindimié et de Ponérihouen était en relation directe avec le fait que les scolytes de ces deux régions étaient devenus insensibles au produit de traitement.
- 2) En 1987, pratiquement tous les lots de café expertisés des régions de Poindimié et de Ponérihouen étaient de qualité courante, (alors que les années précédentes il y avait 80% de "supérieur" et 20% de "courant") à cause de l'augmentation du nombre de cerises attaquées par le scolyte.
- 3) Dès 1988 une méthode de test a été mise au point pour séparer très rapidement les champs qui avaient des scolytes résistants de ceux qui pouvaient encore être traités avec l'endosulfan.
- 4) En 1988 et 1989 une cartographie très précise a été faite, grâce à cette méthode de test. Elle a porté sur plus de 200 plantations et nécessité l'étude de plus de 25 000 scolytes.
- 5) Parmi les principales causes à l'origine de cette situation d'échec nous avons étudié la technique de traitement insecticide utilisée par l'Opération Café. Les études ont montré que l'insecticide était très mal distribué dans les champs.  
**Le traitement par des engins lourds, depuis le bord des parcelles est mal adapté à la plupart des parcelles et devrait être amélioré.**
- 6) Les solutions proposées à court terme pour l'amélioration qualitative et quantitative ont été:
  - de remplacer, dès 1988, l'endosulfan par le Fénitrothion dans certaines régions (Poindimié et Ponérihouen). La qualité du café a été améliorée.
  - de changer progressivement la méthode des traitements généralisés par des traitements individuels.
  - de faire une récolte sanitaire en récoltant les cerises qui restent sur les arbres après la récolte principale.
  - de rechercher, conjointement avec les instances de développement de la Province Nord, les techniques culturales qui pourraient faciliter l'application de l'ensemble de ces mesures.

## BIBLIOGRAPHIE

- Abott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 265-267.
- BRUN, L.O., MARCILLAUD, C., GAUDICHON, V. & SUCKLING, D.M., 1989.** Endosulfan resistance in Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae) in New Caledonia. *J. Econ. Entomol.*, 82 (5) : 1311-1316.
- BRUN, L.O., MARCILLAUD, C. & GAUDICHON, V., 1989.** Provisional method for detecting endosulfan resistance in the Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae). *F.A.O. Plant Prot. Bull.*, 37 (3) : 125-129.
- BRUN, L.O., MARCILLAUD, C., GAUDICHON, V. & SUCKLING, D.M. 1989.** Monitoring Endosulfan Resistance in Coffee Berry Borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera : Scolytidae) in New Caledonia. *Bull. Ent. Res.*, 80 129-135.
- BRUN, L.O., MARCILLAUD, C., GAUDICHON, V. & SUCKLING, D.M., 1991.** Evaluation of a rapid bioassay for diagnosing endosulfan resistance in coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (coleoptera : Scolytidae). *Tropical Pest Manage.* (sous presse).
- Cowell, C. Lavers, A., & Taylor, W. 1988.** A preliminary evaluation of a surface deposit fluorimeter for assessing spray deposition in the field. *Proceedings. Inter. Symposium on Pesticide Application*, Paris: 19-29.
- Decazy, B. 1988.** Compte rendu de mission en Nouvelle-Calédonie, (Nouméa, 14-29 Janvier 1988) . IRCC / CIRAD. Rapp. Ronéo.
- Parkin, C.S. Uk, S. 1983.** The evaluation of aerial application systems. European Plant Protection Organisation Bulletin 13: 531-534.
- Sharp, R.B., 1974.** Spary deposit measurement by fluorescence *Pesticides Science*. 5: 197-209.
- Stone, B.F. Haydock, K.P., 1962.** A method for measuring the acaricide susceptibility of the cattle tick *Boophilus microplus* (Can.) *Bull. Ent. Res.* 53: 563-578.

## ANNEXES

### Données recueillies dans les régions de Touho, Poindimié, et Ponérihouen

- Evolution du niveau de la résistance à l'endosulfan du scolyte du café: *H. hampei* dans les principales régions de Nouvelle-Calédonie.
- Droites de régression : Concentration insecticides / Mortalité de femelles adultes observées sur des parcelles types (plantations traditionnelles et intensives).
- Plantations ombragées : Evolution entre 1988 et 1990
- Plantations ensoleillées : Evolution entre 1988 et 1990
- Transects réalisés sur plantations ombragées.
- Transects réalisés sur plantations ensoleillées.

**TO 0405**

**REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE**

**TEST : TOUR DE POTTER**

**SOUCHES : GOHOUP PHILIPPE, TOUHO, OUEHAVA**

**ROBUSTA - ombragé - traité**

	1988			1989		
No Tests	:	240		277		
Date de récolte	:	10/88		08/89		
Date des Tests	:	02/89		10/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000				45	42	93,3
4.000	120	108	90,0	45	43	95,6
1.000				45	41	91,1
400	380	364	95,8	60	46	76,7
200	120	107	89,2	45	33	73,3
100	120	109	90,8	45	33	73,3
75	120	106	88,3			
50	60	49	81,7	45	14	31,1
25	60	35	58,3	45	11	24,4
12,5	60	22	36,7	45	1	2,2
0	60	7	11,7	30	1	3,3

TO 0405

REGRESSION : MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 %, TOUR DE POTTER

SOUCHE : GOHOUP PHILIPPE , TOUHO , OUEHAVA

ROBUSTA - sous ombrage , traité au fénitrothion

No test : 376  
Date de récolte : 08/90  
Date du test : 10/90

CONCENTRATION PPM	Nombre	Morts	Mortalité %
10,000	60	55	91,7
4000	45	40	88,9
1000	60	48	80,0
400	90	47	52,2
200	60	33	55,0
100	60	21	35,0
50	45	2	4,4

TO 0206

REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE

TEST AU THIODAN 35 %, TOUR DE POTTER

SOUCHES : POADIO ETIENNE, TOUHO, POMBEI

ROBUSTA - *ombragé* - *traité au Thiodan*

	1988			1989		
No Tests	: 235			284		
Date de récolte	: 10/88			08/89		
Date des Tests	: 02/89			11/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000				45	12	26,7
4.000				45	13	28,8
1.000				45	12	26,7
400	120	118	98,3	45	18	40,0
200	60	60	100,0	45	12	26,7
100	120	116	96,7	45	14	31,1
50	120	115	95,8	45	20	44,4
25	135	93	68,9	45	14	31,1
12,5	60	8	13,3	60	7	11,7

TO 0206

REGRESSION : MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 % , TOUR DE POTTER

SOUCHE : POADIO ETIENNE, TOUHO , POMBEI

*lob* \_ \_ \_ \_

No test : 371  
Date de récolte : 08/90  
Date du test : 10/90

CONCENTRATION PPM	NOMBRE	MORTS	MORTALITE %
10,000	105	88	83,8
4000	105	94	89,5
1000	90	79	87,8
400	90	74	82,2
200	90	76	84,4
100	90	27	30,0
50	90	13	14,4
25	90	6	6,7

TO 0304

TRANSECT : MORTALITE / CONCENTRATION EN MARS, MAI ET JUILLET

TEST AU THIODAN 35 % , FAO  
CONCENTRATION : 0.04 %

SOUCHE : POUHAMBOUTE GILBERT, TOUHO , TIWAKA

No tests	307		314		337	
Date souches	03/90		05/90		07/90	
Date tests	03/90		05/90		08/90	
Distance	N / M	% M	N/M	% M	N/M	% M
0 M	48/20	41,7	73/35	47,9	60/20	33,3
40M	60/53	88,3	82/71	86,6	60/32	53,3
80M	60/53	88,3	80/70	87,5	44/36	81,8
120M	60/60	100,0	83/80	96,4	60/57	95,0
160M	60/59	98,3	80/78	97,5	94/89	94,7
200M	60/60	100,0	84/84	100,0	60/54	90,0

**PO 0104 A**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - sans ombrage - traité

	1988			1989		
No Tests	: 199, 204, 219, 226			263, 293		
Date de Récolte	: 09/88, 11/88			08/89, 10/89		
Date des Tests	: 10/88, 11/88, 12/88			12/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	90	38	42,2	41	32	78,0
2.000	90	28	31,1			
1.000				40	28	70,0
500	90	18	20,0			
400	150	23	15,3	120	58	48,3
200	90	14	15,6			
150	90	18	20,0			
100	90	16	17,8	40	20	50,0
50	90	14	15,6			
25	90	2	2,2			
12,5	90	0	0,0			
0	30	1	3,3			

**PO 0104 B**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - *sans ombrage - traité*

	1988			1989		
No Tests	: 199, 204, 219, 226			263, 305		
Date de Récolte	: 09/88, 11/88			08/89, 10/89		
Date des Tests	: 10/88, 11/88, 12/88			12/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	90	32	35,6	30	22	73,3
2.000	90	26	28,9			
1.000				30	20	66,7
500	90	33	36,7			
400	90	33	36,7	180	76	42,2
200	90	23	25,6			
150	90	24	26,7			
100	90	19	21,1	15	8	53,3
50	90	18	20,0			
25	90	14	15,6			
12,5	90	4	4,4			
0	30	0	0,0			

**PO 0104 C**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - *sans ombrage - traité*

	1988			1989		
No Tests	: 199, 204, 219, 225					
Date de Récolte	: 09/88, 11/88					
Date des Tests	: 10/88, 11/88, 12/88					
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	90	50	55,6			
2.000	90	48	53,3			
1.000						
500	90	44	48,9			
400	150	90	60,0			
200	90	36	40,0			
150	90	44	48,9			
100	90	42	46,7			
50	90	26	28,9			
25	90	14	15,6			
12,5	90	4	4,4			
0	30	0	0,0			

**PO 0104 D**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - *ombragé - non traité*

	1988			1989		
No Tests	: 199, 204, 219, 225			263, 304		
Date de Récolte	: 09/88, 11/88			08/89, 10/89		
Date des Tests	: 10/88, 11/88, 12/88			12/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	90	78	86,7	90	90	100,0
4.000				30	30	100,0
2.000	90	78	86,7			
1.000				105	105	100,0
500	90	68	75,6			
400	150	114	76,0	100	99	99,0
200	90	58	64,4	105	104	99,0
150	90	64	71,1			
100	90	46	51,1	60	57	95,0
50	90	36	40,0	60	49	81,7
25	90	18	20,0	60	24	40,0
12,5	90	6	6,7	60	15	25,0
0	30	3	10,0	15	1	6,7

**PO 0104 E**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - ombragé - non traité

	1988			1989		
No Tests	: 199, 204, 219, 224			263, 294		
Date de Récolte	: 09/88, 11/88			08/89, 10/89		
Date des Tests	: 10/88, 11/88, 12/88			12/89		

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	90	73	81,1	45	45	100,0
2.000	90	79	87,8			
1.000				75	75	100,0
500	90	83	92,2			
400	120	108	90,0	97	95	97,9
200	45	41	91,1	60	59	98,3
150	45	41	91,1			
100	45	39	86,7	30	28	93,3
50	45	20	44,4	15	10	66,7
12,5	90	11	12,2	15	3	20,0
0	30	3	10,0			

PO 0104 A

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE . POINDIMIE. VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - sans ombrage - traité au Fénotrothion

No test : 329  
Date de récolte : 07/90  
Date des tests : 08/90

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité %
10.000	60	39	65,0
4000	60	43	71,7
2000	45	32	71,1
1000	60	40	66,7
400	60	32	53,3
200	60	41	68,3
100	60	25	41,7
50	60	15	25,0
25	45	3	6,7

**PO 0104 F**

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - ombragé - non traité

1988  
1989

No Tests : 182, 187, 191, 199, 204, 219, 223  
Date de Récolte : 09/88, 11/88  
Date des Tests : 06/88, 10/88, 11/88, 12/88

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	120	120	100,0			
4.000	150	148	98,7			
2.000	150	148	98,7			
1.000						
500	90	89	98,9			
400	150	142	94,7			
200	105	98	93,3			
150	90	72	80,0			
100	105	89	84,8			
50	105	41	39,0			
25	105	10	9,5			
12,5	105	6	5,7			
6,25	40	0	0,0			

PO 0104 C

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE. POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - sans ombrage - traité au Fénitrothion

ENDOSULFAN 35 % , TOUR DE POTTER

No test : 331  
Date de récolte : 07/90  
Date des tests : 08/90

Concentration PPM	Nombre	Morts	Mortalité %
10.000	90	80	88,9
4000	60	52	86,7
1000	90	84	93,3
400	60	54	90,0
200	60	38	63,3
100	60	30	50,0
50	60	9	15,0
25	60	5	8,3
0	30	0	0

PO 0104 D

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - sous ombrage - non traité

ENDOSULFAN 35 % , TOUR DE POTTER

No test : 332  
Date de récolte : 07/90  
Date des tests : 08/90

Concentration PPM	Nombre	Morts	Mortalité %
10.000	180	176	97,8
4000	60	56	93,3
1000	60	52	86,7
400	60	53	88,3
200	60	48	80,0
100	60	14	23,3
50	60	8	13,3

PO 0104 E

TRANSECT : REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

POINRI THEODORE, POINDIMIE, VALLEE DE TCHAMBA

ROBUSTA - sous ombrage - non traité

ENDOSULFAN 35 % . TOUR DE POTTER

No test : 333  
Date de récolte : 07/90  
Date des tests : 08/90

Concentration PPM	Nombre	Morts	Mortalité %
10.000	60	59	98,3
4000	60	58	96,7
1000	120	117	97,5
400	120	113	94,2
200	75	56	74,7
100	60	35	58,3
50	60	6	10,0

**PN 1401**

**TRANSECT**

**RESUME DES TESTS INSECTICIDES SUR TRANSECTS  
SOUCHES : GOROWIRIDJA JOSEPH, PONERIHOUEN, NAPOEPA**

**ROBUSTA - ombragé - traité**

No Tests : 218, 222

Date Souche : 11/88

Date Tests : 12/88

Distance (m)	TOUR DE POTTER						EXPOSITION INDIRECTE		
	Endo 0,04 %			Lind 0,03 %			Endo 0,04 %		
	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
0	121	82	67,8	60	32	53,3	60	36	60,0
20	119	90	75,6	60	42	70,0	60	48	80,0
40	120	85	70,8	60	50	83,3	60	50	83,3
60	105	77	73,3	45	38	84,4	60	53	88,3
80	120	104	86,7	60	50	83,3	60	57	95,0
100	118	95	80,5	60	57	95,0	60	58	96,7

No Tests : 306

Date Souche : 12/89

Date Tests : 1/90

Distance (m)									
	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
0	100	92	92,0				100	93	93,0
20	100	93	93,0				100	93	93,0
40	45	44	97,80				100		
60	100	96	96				100	97	97
80	100	98	98				100	100	100
100	100	100	100				100	99	99

**PN 1401**

**REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE**

**TEST AU THIODAN 35 %, TOUR DE POTTER**

**SOUCHES : GOROWIRIDJA JOSEPH, PONERIHOUEN, NAPOEPA**

**ROBUSTA - ombragé - traité au Folithion**

	1988			1989		
No Tests	:	149, 155, 171, 179		275		
Date de récolte	:	03 & 04 /88		08/89		
Date des Tests	:	03 & 04 & 05 /88		10/89		
Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
32.000	40	30	75,0			
10.000				45	42	93,3
8.000	50	39	78,0			
4.000	30	23	76,7	45	41	91,1
2.000	50	42	84,0			
1.000				45	39	86,7
500	45	34	75,6			
400				150	128	85,3
200	40	28	70,0	60	48	80,0
100				60	42	70,0
50				45	17	37,8
25				45	3	6,7
12,5				45	0	0,0
0				30	0	0,0

PN 1401

TRANSECT

SOUCHE: GOROWIRIDJA JOSEPH, PONERIHOUEN, NAPOEPA

ROBUSTA, ombragé - traité au Folithion

No tests : 328, 327

Date de récolte : 07/90

Date des tests : 08/90

Distance (m)	Tour de Potter endo 0.04 %			Exposition indirecte endo 0.04%		
	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
0	120	106	88,3	105	83	79,0
20	105	96	91,4	90	86	95,6
40	105	100	95,2	105	101	96,2
60	105	98	93,3	105	93	88,6
80	105	104	99,0	90	87	96,7
100	105	101	96,2	105	94	89,5

PN 1401

REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE

TEST AU THIODAN 35 %, TOUR DE POTTER  
SOUCHE : GOROWIRIDJA JOSEPH, PONERIHOUEN, NAPOEPA , o m

ROBUSTA , ombragé - traité au Folithion

No test : 327  
Date de récolte : 07/90  
Date du test : 08/90

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	120	106	88,3
4.000	60	56	93,3
1.000	60	54	90,0
400	60	51	85,0
200	45	28	62,2
100	45	16	35,6
50	45	11	24,4
25	45	1	2,2

**PN 0103 A**

**REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE**

**TEST AU THIODAN 35 %  
PONERIHOUEN, NEAVIN**

**ROBUSTA - sans ombrage - traité**

**Partie A : 0 m du bord de route**

	1988	1989
No Tests	: 229, 231, 216*	287
Date souches	: 27/09/88	26/10/89
Date des Tests	: 29/12/88 & 2/1/89	27/11/89

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000				75	19	25,3
8.000	90	32	35,6			
4.000				75	17	22,7
2.000	105	26	24,8			
1.000				60	8	13,3
400*	120	16	13,3	180	13	7,2
200	90	18	20,0	60	6	10,0
100	60	8	13,3	60	7	11,7
50	90	9	10,0	60	6	10,0
25	60	9	15,0	60	4	6,7
12,5	60	5	8,3	60	1	1,7
0	15	1	0,0	30	1	3,3

**PN 0103 B**

**REGRESSION CONCENTRATION / MORTALITE**

**TEST AU THIODAN 35 %  
PONERIHOUEN, NEAVIN**

**ROBUSTA - sans ombrage - traité**

**Partie B : 112,5 m du bord de route**

	1988	1989
<b>No Tests</b>	: 229, 231, 216*	287
<b>Date souches</b>	: 27/09/88	26/10/89
<b>Date des Tests</b>	: 29/12/88 & 2/1/89	27/11/89

<b>Concentration endosulfan (PPM)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Morts</b>	<b>Mortalité (%)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Morts</b>	<b>Mortalité (%)</b>
10.000				60	11	18,3
8.000	60	58	96,7			
4.000	60	56	93,3	60	10	16,7
2.000	90	83	92,2			
1.000				60	6	10,0
400*	120	109	90,8	195	20	10,3
200	60	52	86,7	60	7	11,7
100	90	73	81,1	60	6	10,0
50	60	28	46,7	60	9	15,0
25	60	13	21,7	60	5	8,3
12,5	60	5	8,3	60	6	10,0
0				15	1	0,0

PN 0103

REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 % . TOUR DE POTTER

SOUCHE : AYAWA SIMON, PONERIHOUEN, NEAVIN, rang 1 ou 0M

ROBUSTA - sans ombrage, traité au Thiodan

No Test : 321  
Date de récolte: 07/90  
Date du test : 08/90

Concentration. endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	105	25	23,8
4.000	85	10	11,8
1.000	60	6	10,0
400	120	12	10,0
200	90	4	4,4
100	90	9	10,0
50	60	6	10,0
0	30	1	3,3

PN 0103

REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 % , TOUR DE POTTER

SOUCHE : AYAWA SIMON, PONERIHOUEN, NEAVIN, rang 1 ou 0M

ROBUSTA - sans ombrage, traité au Thiodan

No Test : 321  
Date de récolte: 07/90  
Date du test : 08/90

Concentration. endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	105	25	23,8
4.000	85	10	11,8
1.000	60	6	10,0
400	120	12	10,0
200	90	4	4,4
100	90	9	10,0
50	60	6	10,0
0	30	1	3,3

PN 0103

REGRESSION MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 % , TOUR DE POTTER  
SOUCHE: AYAWA SIMON , PONERIHOUEN , NEAVIN , rang 17 ou 42,5M

ROBUSTA - sans ombrage, traité au Thiodan

No Test : 338  
Date de récolte: 07/90  
Date du test : 09/90

Concentration endosulfan (PPM)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
10.000	60	37	61,7
4.000	60	32	53,3
1.000	60	37	61,7
400	150	56	37,3
200	60	23	38,3
100	60	11	18,3
50	60	3	5,0
25	60	3	5,0

**PN 0103**

**TRANSECT**

**TEST INSECTICIDE A L'ENDOSULFAN 0,04 %, TOUR DE POTTER  
SOUCHES : AYAWA SIMON, PONERIHOUEN, NEAVIN**

**ROBUSTA - sans ombrage - traité au Thiodan (35%ec)**

	1988			1989		
No Tests	:	250		257		
Date de récolte	:	01/89		08/89		
Date des Tests	:	02/89		09/89		
Distance (m)	Nombre	Morts	Mortalité (%)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
0,0				180	13	7,2
12,5	120	14	11,7	195	14	7,2
22,5	120	25	20,8	120	19	15,8
31,5	120	44	36,7	120	9	7,5
42,5	120	72	60,0	120	27	22,5
52,5	60	58	96,7	120	25	20,8
62,5	120	117	97,5	120	41	34,2
72,5	120	102	85,0	120	14	11,7
82,5				60	15	25,0
92,5	120	108	90,0	120	20	16,7
102,5	8	8	100,0	120	9	7,5
112,5				195	20	10,3

PN 0103

TRANSECT : MORTALITE / CONCENTRATION

TEST AU THIODAN 35 % , TOUR DE POTTER  
SOUCHE : AYAWA SIMON , FONERIHOUEN, NEAVIN

ROBUSTA - sans ombrage, traité au Thiodan

No test : 322, 321, 338  
Date de récolte : 07/90  
Date du test : 08/90

Rang	Distance (m)	Nombre	Morts	Mortalité (%)
1	0	120	12	10,0
5	12,5	90	8	8,9
9	22,5	90	15	16,7
13	31,5	90	23	25,6
17	42,5	150	56	37,3